E. LANDELLS. Sc.

Anleitung

zum

Selbststudium der Pneumatik.

Nach dem Book of Science

von

J. Sporschil.

Mit 19 Abbildungen.

Leipzig

Verlag der Expedition des National-Magazins.

1834.

Inhalt.

	Seite
Pneumatik	3—54
Vorläufige Bemerkungen	3
Permanente und nonpermanente Gase	5
Allgemeine Eigenschaften der Luft	6
Zusammendrückbarkeit der Luft	7
Elasticität der Luft	8
Schwere der Luft	9
Verschiedene Arten von Luft oder Gasen	10
Ihre specifische Schwere	11
Luftpumpe	14
Experimente damit	17
Zauberfiguren	19
Blasebalg	20
Pneumarische Springbrunnen	21
Heronsbrunnen	22
Vakuum	23
Wägbarkeit der Luft	25
Druckgewalt der Luft	26
Das Magdeburg'sche Experiment	27
Barometer	28
Quecksilberbarometer	30
Zusammengesetzter Barometer	34
Wasserbarometer	35
Windbüchse	36

	Seite
Gewicht der ganzen Atmosphäre	38
Ihre Höhe	39
Atmosphärischer Druck	41
Experimente mittelst desselben	43
Stechheber	45
Krummheber	46
Tantalusbecher	47
Saugepumpe	49
Hebepumpe	51
Druckpumpe	53
Feuerspritze	—
Aerostatik	54—68
Vorläufige Bemerkungen	54
In der Luft schwebende Sämereien u. s. w.	55
Aeronautik	—
Erfindung des Hydrogen	56
Montgolfier, Pilatre de Rozier, u. s. w.	57
Fallschirm	60
Flugversuche	—
Steigracketen	61
Papierdrache	62
Taucherglocke	63
Tauchapparat	67
Unterirdisches Boot	—

Pneumatik.

Pneumatik.

Die Pneumatik *) oder Aërologie **) erklärt diejenigen Erscheinungen, welche Folgen der Schwere, des Druckes und der Bewegung der atmosphärischen Luft, oder anderer Fluida sind, welche dieselben allgemeinen Eigenschaften besitzen, wie sie. Der Unterschied zwischen tropfbaren und jenen Flüssigkeiten, welche man Luft, Gas, Dunst, Dampf nennt, hängt von verschiedenen Ursachen, insbesondere von der Temperatur und dem Drucke ab. Diejenigen Wirkungen, welche dem Einflusse der Hitze

*) Von *Πνευμα*, Hauch, Luft, oder *Πνευματικὸς*, luftförmig.

**) Von *'Αηρ*, Luft, und *Λόγος*, Rede, Abhandlung.

und Kälte, oder der Verschiedenheit der Temperatur zugeschrieben werden müssen, sind in vieler Hinsicht von genügender Wichtigkeit, um den Gegenstand abgesonderter Forschungen zu bilden, welche eine Uebersicht der Beziehungen der Wärme zu allen Körpern, sie seien feste, flüssige, oder luftförmige, geben, und den allgemeinen Einfluß der Temperatur auf Hervorbringung dieser besonderen Formen der Materie nachweisen. Obschon es daher unmöglich ist, die Erscheinungen des atmosphärischen Druckes und dessen Wirkungen auf feste und flüssige Körper ohne Hinweisung auf den Einfluß der Temperatur zu erklären: muß doch in Betreff einer ausführlichen Erörterung dieses wichtigen Gegenstandes auf die folgende Abhandlung über jenen Zweig der Physik verwiesen werden, welchen Sir John Leslie Pyronomik, oder die Theorie der Wärme nannte, und zu deren Beleuchtung dieser ausgezeichnete Naturforscher so wesentlich beigetragen hat *).

Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Zweigen der Physik ist so innig, daß bei einer Abhandlung über einen derselben Anspielungen und Hinweisungen auf die Grundsätze und Lehren des anderen durchaus nicht vermieden werden können. So ist von dem Widerstande der Luft bei festen und flüssigen Körpern, im Zustande des Fallens oder einer anderweitigen Bewegung bereits mehr als einmal die Rede gewesen. Die Thatsachen, welche dergestalt nur gelegentlich berührt wurden, sollen jedoch nun ausführlicher beschrieben, ihr Zusammenhang mit der allgemeinen Theorie der Pneumatik gezeigt, und versucht werden, eine deutliche Uebersicht der Umrisse dieser Wissenschaft zu geben.

Es giebt zwei Arten von luftförmigen Körpern, nämlich solche, die unter den gewöhnlichen Zuständen der Temperatur und des Druckes stets in gasartigem Zustande bleiben, und daher permanente Gase oder Luftarten genannt werden, und solche, die hauptsächlich bei hoher Tem=

*) Siehe Leslie's Elem. of Nat. philos., vol. 1. p. 5.

peratur zu Gasen werden, und daher nonpermanente Gase oder Dünste heißen. Die gewöhnliche oder atmosphärische Luft giebt ein Beispiel eines permanenten elastischen Fluidums, der Wasserdampf dagegen ein Beispiel eines nonpermanenten. Die verschiedenen Gasarten besitzen viele Eigenschaften gemeinsam, und man hat Grund zu glauben, daß auch diejenigen Gase, von denen man bisher meinte, sie wären nur in der Form permanenter, elastischer Fluida vorhanden, durch eine außerordentlich niedrige Temperatur und ungewöhnlich starken Druck in eine tropfbare Flüssigkeit verwandelt werden können. Faraday führt an, daß er in Folge von Experimenten, die er unter der Aufsicht des berühmten Sir Humphry Davy anstellte, Kohlenstoffgas so wie einige andere Gasarten, die bisher für permanente elastische Fluida gehalten worden waren, durch die vereinte Wirkung des Druckes und niedriger Temperatur zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichtet habe*). Perkins, dessen Experimente in Betreff auf die Zusammendrückbarkeit des Wassers bereits erwähnt worden sind, dehnte dieselben auch auf gasförmige Körper aus und es gelang ihm, die gewöhnliche atmosphärische Luft durch einen Druck von zwölfhundert Atmosphären in eine klare Flüssigkeit zu verwandeln**). Sollten sich die Beobachtungen dieser Naturforscher bestätigen, und sich auf alle jetzt für permanent gehaltenen Gase erstrecken, so würde ihre Existenz im tropfbaren oder luftförmigen Zustande stets nur von der Temperatur und dem Drucke abhängen.

Obschon man nun Gase und Dünste, oder permanente und nonpermanente ausdehnsame Flüssigkeiten als eine einzige Gattung von Körpern betrachten mag, so können sie doch wegen der unendlichen Verschiedenheit ihrer Beziehungen zur Wärme zu verschiedenen Zwecken dienen; man

*) Siehe Abstracts of paper, in Philos. Trans., vol. II. p. 192.

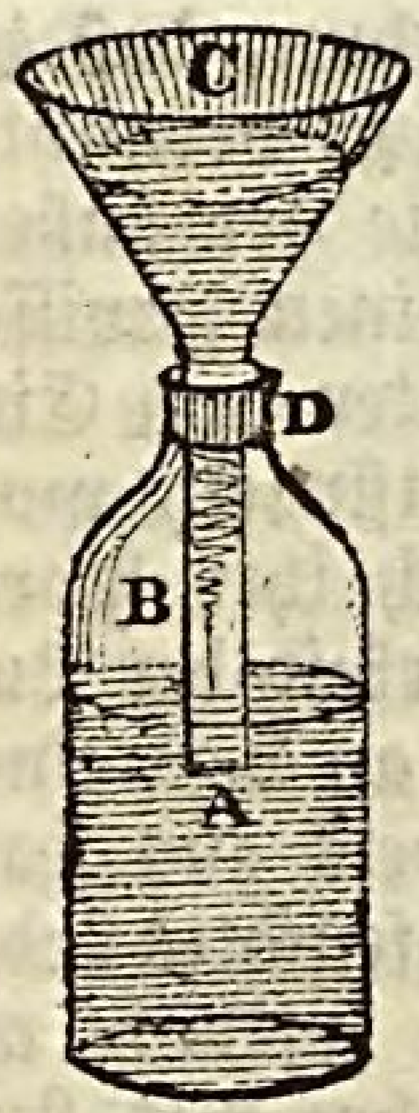
**) Ebendaselbst, p. 290.

muß daher bei Erörterung ihrer physischen Eigenschaften den Unterschied zwischen ihnen stets im Auge behalten. Es ist daher zweckdienlich, in dieser Abhandlung die Eigenschaften der permanenten Gase, wie z. B. der atmosphärischen Luft auseinanderzusetzen, dagegen die Erörterung der Umstände, welche die charakteristischen Merkmale der nonpermanenten Gase, insbesondere des Wasserdampfes constituiren, auf jenen Theil dieses Werkes, wo von den Gesetzen der Wärme gehandelt wird, zu verschieben.

Allgemeine Eigenschaften der Luft.

Die gewöhnliche oder atmosphärische Luft, ist ein unsichtbares und vollkommen durchsichtiges Fluidum, dessen Bestandtheilchen keine Cohäsion zu haben scheinen. Die Luft sinkt daher nicht nur, und verbreitet sich, wenn uneingeschränkt, seitwärts, wie die tropfbaren Flüssigkeiten, sondern sie dehnt sich auch nach aufwärts aus, so daß jeder Theil dieses Fluidums schnell verloren geht, wenn es nicht in ein festes luftdichtes Gefäß oder sonstiges Behältniß, z. B. mittelst einer Blase eingeschlossen, oder in einer offenen durch den Druck einer Flüssigkeit auf seine Oberfläche festgehalten wird.

So leicht und in einem so hohen Grade die Luft auch dem Drucke nachgiebt, besitzt sie doch wie jeder andere Körper die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit, denn obschon eine große Menge dieses Fluidums in einen vergleichungsweise kleinen Raum zusammengezwängt werden mag, giebt es doch eine Grenze, jenseits welcher auch der äußerste Druck auf sie keine Wirkung mehr hervorbringen kann. Daß die Luft dem Drucke Widerstand leistet, läßt sich sehr leicht durch eine gewöhnliche Spritze mittelst eines festen Stempels beweisen, denn wenn die Röhre oder vielmehr das untere Ende, nachdem sie durch Aufziehen des Stempels mit Luft gefüllt worden ist, luftdicht verschlossen wird, so wird man finden, daß es durchaus unmöglich ist, den Stempel wieder so so ganz hineinzutreiben, wie es geschehen konnte, so lange die Röhre nicht verschlossen war.



Eine langhälsige, schmale Glasflasche sei bis A mit Wasser gefüllt, und der mit einer langen Röhre versehene Trichter C sei bei D, durch Kitt, oder indem die Röhre durch einen Kork geht, so befestigt, daß zwischen dem Trichter und der Mündung der Flasche keine Luft durch kann. Wenn man hierauf Wasser in den Trichter gießt, so wird wenig oder gar keines in die Flasche dringen; ja selbst wenn der Trichter eine Röhre von mehreren Fuß, oder Ellen Länge hätte, so daß dadurch der hydrostatische Druck außerordentlich vermehrt wird, würde zwar die Luft bei B auf einen etwas kleineren Raum beschränkt werden, aber keine denkbare Kraft könnte die Flasche füllen, welche vielmehr bei Anwendung einer zu großen Kraft zerspringen müßte.

Die Zusammendrückbarkeit der Luft, wodurch sie sich wesentlich von den tropfbaren Flüssigkeiten unterscheidet, ist eine andere ihrer Haupteigenschaften. Es ist bereits in der zweiten Abtheilung dieses Werkes gesagt worden, daß das Wasser, außer man wendet eine ungewöhnliche Kraft an, durch Druck in seinem Umfange nicht merkbar vermindert wird; und auch die übrigen tropfbaren Flüssigkeiten, obschon sie durch Hitze leicht ausgedehnt und durch Kälte leicht contrahirt werden, widerstehen dem Drucke sehr. Luft- und Gasarten aber, obschon sie, wie wir eben gezeigt haben, die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit besitzen, lassen sich unter dem Einflusse des Druckes, ganz unabhängig von der Temperatur, äußerst leicht zusammendrücken. Aber auch die Veränderungen der Temperatur üben auf sie einen sehr großen Einfluß, und ihr Umfang wächst oder vermindert sich je nach dem Grade der Wärme, welcher sie ausgesetzt werden. Daß die Theilchen der Luft zusammengedrückt, d. i. durch Anwendung von äußerer Kraft einander näher, als sie es vor ihrer Anwendung waren, gebracht werden können, ergiebt sich aus den angeführten Experimenten, um die Undurchdringlichkeit der Luft zu be-

weisen; denn während diese Experimente darthun, daß die Theilchen des zusammengedrückten Fluidums nicht vernichtet werden können, sondern daß sie, selbst wenn sie der äußersten Kraft ausgesetzt werden, noch immer einen gewissen Raum einnehmen, so ergiebt sich doch, daß unter dem Einflusse des Druckes stets eine Contraktion stattfindet, woraus eine weitere Eigenschaft der Luft, nämlich ihre Porosität, gefolgert wird. Die Zusammendrückbarkeit der Luft läßt sich leicht mittelst einer langen gläsernen, an dem einen Ende verschlossenen Röhre, und eines Stempels aus starken Eisendraht zeigen, an dessen einem Ende feuchtes Leder befestigt ist, so daß man ihn in der Röhre luftdicht auf und nieder bewegen kann. Ist nun die Röhre mit Luft gefüllt, so schiebt man den Stempel am offenen Ende hinein, und wenn man ihn mit Vorsicht niederdrückt, kann die Luft ohne Mühe bis auf die Hälfte ihres vorherigen Umfanges gebracht werden, ja durch einen stärkeren Druck läßt sie sich noch weit mehr verdichten, bis zuletzt der Widerstand so groß wird, daß es durchaus unmöglich ist, sie noch mehr zusammen zu drücken.

Eine der merkwürdigsten Eigenschaften der Luft ist die Elasticität, welche von ihrer Expansionskraft abhängt, kraft welcher sie, wenn ihr Umfang durch Druck vermindert worden ist, sobald dieser aufhört, wieder ihre vorigen Dimensionen einnimmt. Wenn z. B. der Stempel einer gewöhnlichen Spritze, aus deren unterem Ende die Luft nicht heraus kann, niedergestoßen wird, hebt er sich, so wie der Druck aufhört, alsbald in Folge der Expansion der eingoschlossenen Luft wieder empor. Dieser Eigenschaft der Luft ist auch die Kraft zuzuschreiben, mit welcher ein Pfropf von feuchtem Papier aus der Klatschbüchse eines Knaben getrieben wird: diese unbedeutende, kleine Maschine wirkt nach demselben Principe, wie die Windbüchse und andere Instrumente, von denen später die Rede sein wird.

Eine andere wichtige Eigenschaft der Luft, die sie gemeinsam mit den festen Körpern und tropfbaren Flüssigkeiten besitzt, ist das Gewicht oder die Schwere. Da die atmosphärische Luft specifisch leichter ist als das Wasser, so

muß sie, wenn sie unter der Oberfläche desselben frei wird, in Gestalt von Blasen aufsteigen. Dies ist nichts weiter als eine Folge des hydrostatischen Druckes, kraft welches Körper von geringerer, specifischer Schwere als das Wasser, wenn in dasselbe eingetaucht, nach der Oberfläche emporgedrückt werden, und daher kommt es auch, daß Kork, ein Tropfen Olivenöl, oder ein Luftbläschen auf dem Wasser schwimmt, oder wenn es durch irgend eine Kraft unter dasselbe gedrückt wird, nach Aufhören derselben sogleich wieder emporsteigt. Das Gewicht der Luft kann so wie das der festen und flüssigen Körper durch die Wage ermittelt werden. Nur sind wegen ihrer außerordentlichen Ausdehnsamkeit, selbst in Fällen wo keine allzugroße Genauigkeit gefordert wird, verschiedene Vorsichtsmaßregeln bei dieser Operation nothwendig. Von ihnen wird später die Rede sein; hier genüge es für jetzt anzuführen, daß man mittelst einer großen Flasche, die mit einem Hahn versehen ist, das Gewicht einer gewissen Menge Luft leicht ermitteln kann. Es sei der Hahn offen, folglich die Flasche voll Luft, in welchem Zustande man sie wägen und den Betrag sich merken muß: dann schraube man die Pumpe an den Hahn und ziehe die Luft mittelst des Stempels aus, schließe den Hahn, schraube die Pumpe ab, und man wird finden, daß die Flasche von ihrem Gewichte so viel verloren hat, als die Quantität Luft beträgt, die sie vorher einschloß. Ein Kubikfuß Luft wiegt 523 Grän, folglich wird ein Kubikzoll etwas weniger als 0.3 eines Gräns wiegen; wenn daher die Flasche drei Pinten hält, wird dies etwas mehr als 100 Kubikzoll Rauminhalt betragen, so daß, wenn die Luft gänzlich ausgezogen werden könnte, sie bei geöffnetem Hahn $0.3 \times 100 = 30$ Grän mehr wiegen müßte, als sie wiegt, nachdem die Luft ausgezogen worden ist. Gebraucht man eine Luftpumpe statt einer gewöhnlichen Pumpe, so kann eine Flasche mit einem Hahne so möglichst vollständig von Luft geleert werden, daß keine Quantität zurückbleibt, die groß genug wäre, um auf das Resultat dieses Experimentes irgend einen Einfluß zu äußern.

Verschiedene Arten von Luft oder Gasen.

Die gemeine Luft, welche die unsere Erde allumgebende Atmosphäre bildet, wurde nicht nur seit den ältesten Zeiten für einen einfachen Körper, ein Element gehalten, sondern auch später, nachdem man ihre mechanischen Eigenschaften erforscht und in dem Studium der Naturgesetze große Fortschritte gemacht hatte, hegte man noch sehr irrige Ideen über ihre Zusammensetzung. Jetzt aber weiß man, daß die atmosphärische Luft aus zwei verschiedenen Arten von Luft oder Gasen besteht, wovon das eine, genannt Oxygen oder Lebensluft, zur Erhaltung des thierischen Lebens unerläßlich ist, das andere dagegen, das Nitrogen oder Stickgas, wenn es allein eingeathmet wird, es gefährdet. Diese beiden Gase besitzen die Fähigkeit, sich mit verschiedenartigen Körpern zu vereinigen, und dadurch Composita hervorzubringen, welche theils im Zustande von festen, theils von flüssigen Körpern, theils als permanente Gase vorkommen. Nebst dem Oxygen und Nitrogen giebt es noch mehrere gasförmige Körper, die nie in Bestandtheile aufgelöst werden konnten, und die man daher als einfache Formen der Materie betrachtet; diese Gase, sammt mehreren anderen zusammengesetzten Gasarten bilden eine sehr zahlreiche Klasse von Körpern, welche verschiedene Grade von Elasticität und Schwere besitzen, und durch ihren daraus folgenden Druck auf feste und flüssige Körper Gleichgewicht oder Bewegung hervorbringen, mithin zu mehreren sehr wichtigen Zwecken verwendet werden können.

Die eigenthümliche Natur und die Wirkungen der Combinationen von Gasen miteinander oder mit festen Körpern oder tropfbaren Flüssigkeiten, zu erörtern, ist Sache der Chemie; die Pneumatik beschäftigt sich nur mit jenen Wirkungen der Gase und Luftarten, die von ihren mechanischen Eigenschaften abhängen.

Obschon die atmosphärische Luft, weil sie das verbreitetste und am häufigsten vorkommende aller elastischen Fluida ist, gewöhnlich als das Mittel pneumatischen Druckes gebraucht wird, so hat sich doch, seitdem die Entdeckungen

der Naturforscher uns mit einer Menge dieser Fluida und ihren verschiedenen Eigenschaften bekannt machten, ergeben, daß einige derselben zu praktischen Zwecken besser dienen als andre, und die atmosphärische Luft ist nicht mehr das einzige Gas, welches als bewegende Kraft benutzt wird. Die Entdeckung von elastischen Fluidis, die viel leichter sind als die atmosphärische Luft, hat zur Erfindung der Luftschiffkunst geführt; die Explosion des Schießpulvers und die Wurfkraft der Kugeln, Bomben und anderer durch die Artillerie geschleuderten Körper, hängt von der Elasticität einer eigenen Art von Luft ab, die durch die Verbrennung von Salpeter, Schwefel und Kohle, woraus daß Schießpulver besteht, hervorgebracht wird; und die Zusammenverbrennung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas in luftdicht verschlossenen Gefäßen erzeugt Wasser, und da dieses eine tropfbare Flüssigkeit ist, wird fast der ganze Raum, den vorher die Gase einnahmen, ein Vacuum, welchergestalt Druck bewirkt und eine bewegende Kraft hervorgebracht werden kann. Die Anwendung von Wasserdampf, um durch dessen abwechselnde Ausdehnung und Verdichtung Bewegung zu erzeugen, giebt ein Beispiel, mit welchem Vortheil ein nonpermanentes Gas zu den wichtigsten Zwecken benutzt werden kann; und sollten passende Mittel entdeckt werden, um die atmosphärische Luft durch Druck und niedrige Temperatur in eine tropfbare Flüssigkeit mit Leichtigkeit zu verwandeln, so ist es nach den Forschungen Faraday's und Anderer wahrscheinlich, daß Maschinen erfunden werden, welche in mancher Hinsicht den Dampfmaschinen eben so überlegen sind, als es diese den Maschinen im Anfange des vorigen Jahrhundertes.

Da die Wirkungen der verschiedenen Gase, wenn sie durch Druck agiren, von ihrer specifischen Schwere abhängen, so ist es von Wichtigkeit, diese genau zu ermitteln. Die folgende Tabelle zeigt das specifische Gewicht mehrerer elastischen Fluida, worunter sich solche befinden, welche häufig vorkommen und zu den wichtigsten Zwecken benutzt werden.

	Gewicht von 100 Kubikzoll.	Specifische Schwere.
Atmosphärische Luft .	30.5 Grän .	1.
Oxygen . . .	33.8 . .	1.111
Nitrogen . . .	29.25 . .	0.972
Oxidirtes Salpeterstoffgas *)	46.5 . .	1.527
Hydrogen . . .	2.12 . .	0.069
Kohlenstoffgas . .	46.5 . .	1 529
Chlorgas **) . . .	76 3 . .	2.500
Kohlensäuerl. Wasserstoffgas †)	16.9 . .	0.555
Kohlensaures = =	29.6 . .	0.972
Wasserdampf . . .	18.8 . .	0.519

*) Dieses elastische Fluidum wird auch zuweilen Lachgas genannt, weil es, wenn es eine kurze Zeit eingeathmet wird, angenehme Empfindungen erregt, und oft eine unbezwingliche Neigung zum Lachen hervorbringt. Es wirkt gewissermaßen wie starke Getränke, indem es eine Art Rausch erzeugt, ohne daß es jedoch die Abspannung und Schwäche zur Folge hätte, welche man empfindet, wenn man jene im Uebermaß genossen hat. Indessen müßte der fortgesetzte Genuß dieses Gases sehr schädlich sein, da Thiere, welche in dasselbe gesperrt werden, sehr bald sterben.

**) Obschon dieses Gas nicht wie die atmosphärische Luft angewendet worden ist, um Bewegung hervorzubringen, besitzt es doch Eigenschaften, welche mit dem größten Vortheile zu praktischen Zwecken benutzt worden sind. Es zerstört die Farben von animalischen und vegetabilischen Substanzen, und wird daher sehr vielfach gebraucht, um Kattun und Leinwand zu bleichen; auch neutralisirt es die gasartigen Zusammensetzungen, welche die Luft, die wir einathmen inficiren und ansteckende Krankheiten hervorbringen. Eine Zusammensetzung des Chlors mit Kalk in flüssigem Zustande wird verkauft, um inficirte Effekten zu waschen und zu reinigen. Durch die Verbindung des Chlors mit Wasserstoff entsteht die Salzsäure, welche einen wesentlichen Bestandtheil des gemeinen Salzes ausmacht, das sich im Ueberfluß im Seewasser aufgelöst befindet, und auch in den Eingeweiden der Erde als Steinsalz vorkömmt. Daraus folgt, daß man Chlorgas in allen beliebigen Quantitäten entwickeln und es zu mehrern Zwecken, als bisher geschehen, anwenden kann.

†) Die Gase, welche aus Kohlen und aus Oel erzielt werden, bestehen hauptsächlich aus kohlensäuerlichem Wasserstoffgas, oder leicht entzündbarer Luft, und aus kohlensaurem Wasserstoffgas

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, daß die specifische Schwere der gasartigen Körper sehr verschiedenartig ist; Chlorgas ist $2\frac{1}{2}$ mal schwerer als die atmosphärische Luft, das Hydrogen dagegen funfzehn Mal leichter. Wasserdampf ist wenig mehr als noch einmal so schwer wie die atmosphärische Luft, weswegen er in ihr gerade so emporsteigt, wie Kork im Wasser.

Elasticität der Luft.

Die offenbarste und wirksamste Eigenschaft der Luft ist ihre Elasticität, welcher, sammt ihrer Schwere, die Erscheinungen des Gleichgewichtes wie der Bewegung der Körper unter dem Einflusse des pneumatischen Druckes zuzuschreiben ist.

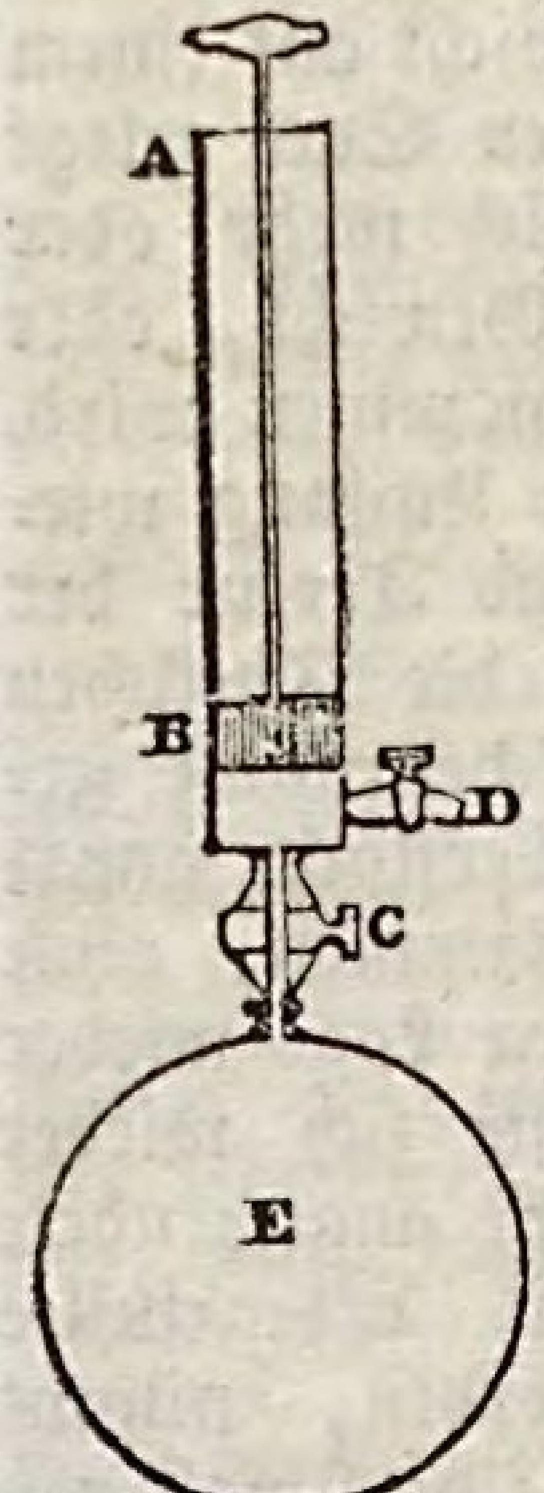
Die Elasticität der Luft ergiebt sich aus ihrem Widerstande gegen Druck. Wenn ein schweres Gewicht auf einem Wollsack oder einen mit Roßhaar angefüllten Sack gelegt wird, so wird der Sack nachgeben, und sich mehr oder weniger zusammenziehen, allein so wie das Gewicht, oder die äußere Kraft, die auf ihn wirkt, weggenommen wird, dehnt er sich fast ganz bis zu seinem vorigen Umfang wieder aus. Daran ist offenbar die Form und Textur der innern eingeschlossenen Substanzen Ursache, die Theilchen derselben sind nämlich durch zahlreiche Zwischenräume getrennt, geben daher leicht dem auf ihrer Oberfläche angewendeten Druck nach, und schieben sich zusammen, ohne daß ihre Elasticität oder Neigung ihre vorige Lage wieder einzunehmen aufgehoben wird, weßwegen sie sich wieder von einander entfernen, so wie die gegen sie angewendete Kraft nicht mehr wirkt. So kann eine mit Luft gefüllte Blase leicht mit den Händen eingedrückt werden, nimmt aber dann wegen der Repulsionskraft der eingeschlossenen

---

oder schwer entzündbarer Luft. Da diese Gase, welche zur Erleuchtung der Straßen angewendet werden, sich oft mit andern Gasen gemischt finden, wechselt die specifische Schwere je nach der größeren oder geringeren Reinheit. Das Gas aus Oel enthält eine größere Menge kohlensaures Wasserstoffgas als das aus Kohlen, und giebt daher auch im Verhaltnisse mehr Licht.

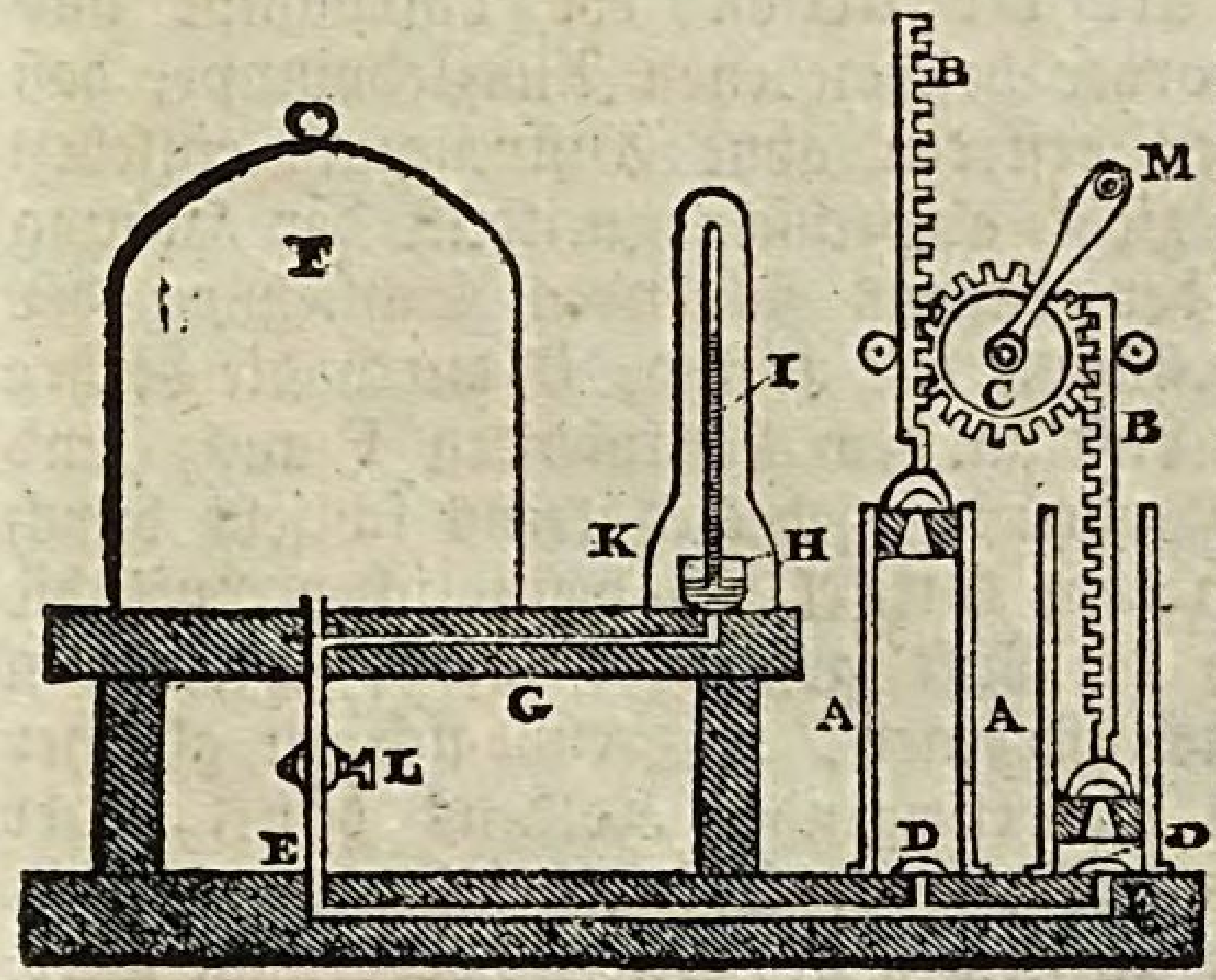
Theilchen sogleich wieder ihren vorigen Umfang ein, denn, je mehr ihnen Freiheit gelassen wird, eine desto größere Neigung zeigen sie, sich nach allen Richtungen auszudehnen, so daß ihre gänzliche Zerstreuung in den unendlichen Raum nur durch die Einwirkung des Druckes verhindert werden kann.

Die Elasticität der Luft wird am überzeugendsten durch die Wirkung jener Maschine, die man Luftpumpe heißt, und deren Bau im Principe jenem der gewöhnlichen Pumpe analog ist, dargethan. Indem man zwei Hähne in einer gewöhnlichen Pumpe anbringt, und durch sie eine Kommunikation mit einem Gefäße von passender Form und Größe anbringt, kann man eine etwas unvollkommene Luftpumpe herstellen, mittelst welcher die Luft in dem Gefäße beträchtlich verdünnt oder verdichtet werden kann.



Wie dies geschieht, ist leicht ans der nebenabgebildeten Figur zu entnehmen. A B stellt einen Cylinder mit einem luftdichten Kolben vor, C ist ein Hahn, welcher, wenn er geöffnet wird, eine Kommunikation zwischen dem Cylinder und der Glaskugel E zuläßt; und der Hahn D dagegen öffnet eine Kommunikation mit der äußeren Luft. Es befinde sich nun der Kolben B am Ende des Cylinders, während der Hahn D geschlossen ist, so wird, wenn man den Kolben nach A emporzieht ein Theil der Luft aus der Kugel in den Cylinder strömen und die ganze Masse der eingeschlossenen Luft dadurch ausgedehnt werden; hierauf schließt man den Hahn C, öffnet den Hahn D, und drückt den Kolben ganz nieder, wodurch die in dem Cylinder eingeschlossene Luft ausgetrieben wird; nun schließt man abermals den Hahn D, und öffnet den Hahn C, so daß nach abermaligem Aufziehen des Kolbens die Luft in der Glaskugel noch mehr verdünnt wird; und indem man diese Operationen, das wechselseitige Oeffnen und Schließen der Hähne, und Auf- und Niederziehen des Kolbens meh-

rere Male wiederholt, vermag man eine sehr beträchtliche Verdünnung der Luft zu Stande zu bringen. Durch dieselbe Maschine kann man aber auch die eingeschlossene Luft beträchtlich verdichten, indem man den Kolben aufzieht, während der Hahn C geschlossen, der Hahn D dagegen offen ist, und ihn niederstößt, während der Hahn D geschlossen, und der Hahn C offen ist; denn durch die Wiederholung dieser Operation tritt die Luft durch den Hahn D ein und wird dann in die Glaskugel E gedrängt. Der Bequemlichkeit wegen wendet man statt der Hähne Klappen an, die sich durch den bloßen Druck und die Ausdehnung der eingeschlossenen Luft öffnen und schließen, und zwar eben sowohl bei den vorbeschriebenen Exhaustions- und Compressionspumpen, wie bei den eigentlichen Luftpumpen. Die Luftpumpe ist, wie sich dies schon aus dem Namen ergiebt, eine Maschine um die Luft aus einem geschlossenen Gefäße auszuziehen und sie dadurch so zu verdünnen, daß der Raum innerhalb desselben einem Vacuum so nahe als möglich kömmt. Es ist, wie später gezeigt werden wird, unmöglich, durch irgend einen Apparat ein vollständiges Vacuum herzustellen, indessen kann die Verdünnung mittelst der Luftpumpe doch so weit fortgesetzt werden, daß die darin zurückbleibende Luft auf die Experimente ganz und gar keine merkbare Wirkung äußert.



Die nebenstehende Figur stellt eine Luftpumpe vor. Es ist daraus ersichtlich, daß sie wesentlich aus zwei Ausziehepumpen besteht, welche so angebracht sind, daß sie abwechselnd arbeiten können. Diese Pumpen sind durch A A bezeichnet, und ihre Kolben bewegen sich innerhalb der Cylin-

der (Stiefel) durch die gezahnten Stäbe BB auf und nieder, welche in die correspondirenden Zähne auf der Peripherie des Rades C passen. Letzteres ist mit dem Griffe M versehen, durch welchen es gedreht wird, um die Kolben abwechselnd aufzuziehen und niederzudrücken. Jeder dieser Kolben ist mit einer Klappe versehen, durch welche die Luft ausströmt, während der Kolben niedersteigt; am Boden jedes Stiefels befinden sich die Klappen DD, die durch jeden Kolben bei seinem Niedersteigen geschlossen werden, bei seinem Aufsteigen dagegen eine Passage in die Röhre EE öffnen, welche mit der Glasglocke F, die der Recipient genannt wird, communicirt. Von der Röhre E geht eine andere Röhre C fort, deren Ende in die glockenförmige Röhre K öffnet, worin sich ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäß H, und die dünne Röhre I befindet, deren oberes Ende geschlossen, das untere dagegen unter die Oberfläche des Quecksilbers getaucht ist. Bei L befindet sich ein Hahn, welcher, wenn er geschlossen wird, die Kommunikation zwischen dem Recipienten und den Exhaustionspumpen hemmt, der daher offen stehen muß, so lange die Maschine arbeitet. Es ist noch ein zweiter in der Zeichnung nicht sichtbarer Hahn angebracht, um die äußere Luft in den Recipienten einzulassen, so wie das Experiment, das man anstellen wollte, vollbracht ist. Es herrscht ein so geringer Unterschied zwischen der Art der Action der Luftpumpe und jener der einfachen vorher beschriebenen Auszichpumpe, daß man die Wirkung der ersteren ohne Anstrengung einsehen kann. Jede Pumpe zieht abwechselnd mittelst der Hebung ihres Kolbens und der daraus folgenden Schließung der Kolbenklappe und Oeffnung der Klappe D durch die Röhre EE einen Theil der Luft in dem Recipienten F aus; und das abwechselnde Niederdrücken jedes Kolbens schließt durch die Elasticität der in dem Stiefel sich befindlichen Luft die Klappe D, wodurch die Luft gehindert wird, wieder in den Recipienten zurückzuströmen, während sich zu gleicher Zeit die Klappe des niedersteigenden Kolbens öffnet, der die Luft in den oberen Theil des Stiefels läßt, von wo sie durch das abermalige Aufsteigen des Stiefels verdrängt wird.

So kann man die beiden Pumpen fortarbeiten lassen, bis die Luft im Recipienten auf die erforderliche Weise verdünnt worden ist.

Der einzige Theil des Apparates, welcher eine nähere Erklärung bedarf, ist der Luftmesser, welcher aus den Röhren K und I und aus dem kleinen Gefäß mit Quecksilber besteht, in welches die letztere getaucht ist. Die Luft in der Röhre K wird durch ihren Druck auf die Oberfläche des Quecksilbers einen Theil desselben in der Röhre I gerade zu der Höhe erheben, die im Verhältnisse zur Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft steht, welche Dichtigeit ganz jener der Luft in dem Recipienten in Folge der Communnication durch die Röhre G gleichkömmt. Es wird daher die Höhe des Quecksilbers in der kleinen Röhre I ein Maß der Elasticität und des Gewichtes der eingeschlossenen Luft geben, welche stets im umgekehrten Verhältnisse zur stattgefundenen Verdünnung stehen. Uebrigens muß der Rand des Recipienten vollkommen glatt und eben geschliffen sein, damit dessen ganze Peripherie genau auf die tellerförmige Metallplatte der Luftpumpe, worauf er steht, passe, und auf daß dem Zutritte der Luft noch besser gewehrt werde, muß derselbe mit Fett beschmiert werden, oder noch besser, man stellt ihn auf einen Körper von ölgetränktem Boden.

Mit Hilfe dieser Maschine können eine Menge Experimente angestellt werden, welche zur Nachweisung der Elasticität und Schwere der Luft dienen. Sie wurde von Otto Guericke, einem Deutschen, in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhundertes erfunden, und später in England durch Robert Boyle, Dr. Robert Hooke und den berühmten Smeaton außerordentlich vervollkommt.

Die elastische Kraft der atmosphärischen Luft läßt sich augenfällig darthun, wenn man eine Blase, die nur halb mit Luft gefüllt und oben fest zugebunden ist, unter den Recipienten eine Luftpumpe legt. Indem man die Luft in demselben allmälig verdünnt, wird die Blase in Folge der Ausdehnung der in ihr eingeschlossenen Luft aufschwellen, ja sogar bersten, wenn die Verdünnung zu lange fortgesetzt

wird, weil der darin enthaltenen Luft nicht länger durch den Druck auf die äußere Oberfläche ein Gegengewicht gehalten wird.

Eine viereckige, mit Luft gefüllte, wohl gestöpselte und mit Draht verschlossene, unter den Recipienten der Luftpumpe gestellte Flasche, wird in Folge der Expansion der in ihr enthaltenenen Luft, bersten, so wie durch die Luftverdünnung im Recipienten, der Druck auf ihre Oberfläche aufhört. Eine gewöhnliche Glasflasche wird der von innen oder aussen gegen sie wirkenden Kraft, wegen ihrer gewölbten Form am besten widerstehen, daher sind auch diejenigen Recipienten die geeignetsten, welche eine halbrunde Gestalt haben.

Eingeschrumpfte Aepfel, Pflaumen oder Trauben, welche man unter den Recipienten setzt, werden, wenn anders ihre Haut ganz ist, nachdem die Luft ausgezogen worden, in Folge der Expansion der in ihnen selbst eingeschlossenen Luft wieder prall werden. So kann man z. B. bewirken, daß ein Büschel getrockneter Rosinen wieder aussieht wie eine schöne Traube, und ein ähnliches findet auch mit den Aepfeln und Pflaumen statt; wenn man aber die atmosphärische Luft wieder in den Recipienten einläßt, so zeigen sie abermals die Runzeln, welche ihr Alter verrathen.

Wenn eine große mit einer Blase luftdicht zugebundene Flasche unter einen Recipienten gestellt und die Luft ausgezogen wird, so wird sich die in der Flasche eingeschlossene Luft ausdehnen, und die Blase eine convexe Gestalt annehmen, bis sie zuletzt berstet. Eine kleine Spritze, an deren Handhabe des Kolbens ein Gewicht befestigt ist, werde mittelst Kork verschlossen und darüber noch eine Blase gebunden, so daß keine Luft eindringen kann; worauf man sie mit dem Gewichte abwärts unter den Recipienten einer Luftpumpe aufhängt; zieht man nun einen Theil der Luft aus, so wird das Gewicht am Griffe den Kolben niederziehen, während er emporsteigt, so wie man wieder Luft einläßt. Durch Ausziehung eines Theils der Luft im Recipienten verringert sich nämlich die Elasticität der zurück-

bleibenden so beträchtlich, daß sie nicht mehr im Stande ist, das Gewicht zu tragen; wenn man dagegen wieder Luft einläßt, vermehrt sich die Elasticität der im Recipienten befindlichen so, daß sie den Kolben mit dem daran hängenden Gewicht emporhebt.

Ein sehr unterhaltendes Experiment, welches die Wirkung der Elasticität der Luft zeigt, kann mit Hülfe des nebenabgebildeten Apparates angestellt werden. Man verschaffe sich hohle Glasfiguren, welche der Gestalt von Männern und Frauen gleichen, deren jede im Fuße eine Oeffnung hat, und wobei das Glas gerade so dick ist, daß sie, wenn sie mit atmosphärischer Luft gefüllt sind, nahe an der Oberfläche des Wassers schwimmen. Dann werden sie in ein längliches fast ganz mit Wasser gefülltes Glas, das aber mittelst einer Blase luftdicht verschlossen ist, gethan. Wenn man nun die Blase mit den Fingern eindrückt, so wird, da das Wasser fast unzusammendrückbar, die Luft es aber in einem sehr hohen Grade ist, die in den kleinen Figuren eingeschlossene dem Drucke nachgeben, und sich contrahiren, worauf dann Wasser in sie eindringt, sie specifisch schwerer macht und dadurch bewirkt, daß sie zu Boden sinken; hört dagegen der Druck auf, so wird die eingeschlossene Luft ihre vorige Elasticität zurückgewinnen, das Wasser austreiben, und die Figuren werden wieder emporsteigen. Indem man etwas Wasser in ein Paar dieser Figuren, bevor man sie in das Glas giebt, treibt, kann man bewirken, daß sie in verschiedenen Höhen schweben, worauf dann ihre Bewegungen durch den Druck auf die Blase sehr verschieden sein werden.

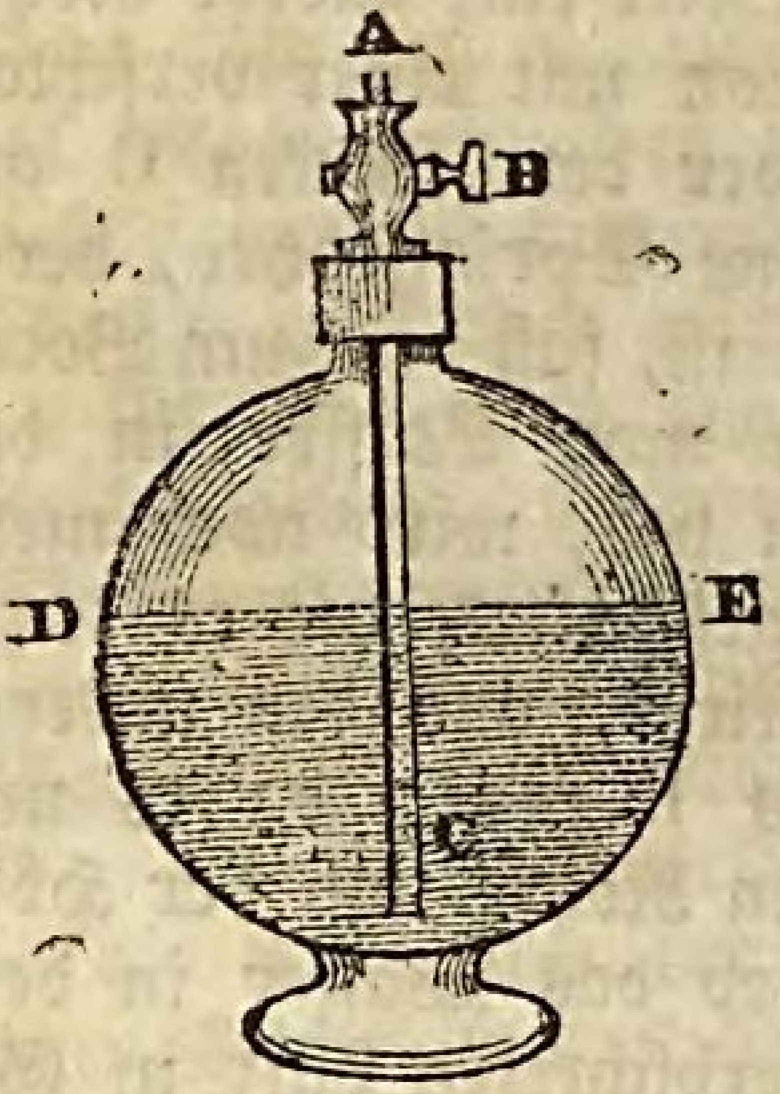
Ferner kann die Elasticität der Luft dargethan werden, wenn man eine einzige kleine Figur von Glas in eine Flasche giebt, sie mit Wasser füllt, und unter den Recipienten einer Luftpumpe stellt, nur muß die Figur bloß so schwer sein, daß sie unter dem gewöhnlichen Druck der atmosphärischen Luft zu Boden sinkt. Wenn man nun die Luftpumpe

arbeiten läßt, und dadurch die Elasticität, folglich auch den Druck der darin sich befindlichen Luft vermindert, so wird, da die Dichtigkeit des Wassers dieselbe bleibt, die Figur nach und nach bis zur Oberfläche emporsteigen, wo sie schwimmt, bis wieder Luft eingelassen, und dadurch der Druck vermehrt wird, in Folge dessen sie zu Boden sinkt.

Die Art, wie der gewöhnliche Blasebalg wirkt, liefert ebenfalls einen unwiderleglichen Beweis der Zusammendrückbarkeit und Elasticität der Luft. Wenn man nämlich das eine Bret aufzieht, öffnet sich die Klappe, und die Luft füllt den dadurch gebildeten leeren Raum, drückt man dann die Breter gegen einander, so schließt sie sich, und da die Luft keinen anderen Ausweg hat, muß sie als dichter Strom durch die Röhre. Der doppelte Blasebalg, dessen sich Schmiede und andere Handwerker bedienen, unterscheidet sich von der eben beschriebenen Maschine nur darin, daß er in der Mitte ein festes Bret hat, während die beiden anderen beweglich sind, er mithin aus zwei Luftkammern statt aus einer einzigen besteht; durch ein mit einer Klappe versehenes Loch in dem Zwischenbrette, dringt die Luft aus der unteren Kammer in die obere, wo sie durch den Druck eines Gewichtes auf dem oberen Brete verdichtet, und durch eine an der oberen Kammer angebrachten Röhre ununterbrochen ausströmt. Das untere Bret ist beweglich, und so wie es durch sein eigenes Gewicht sinkt, öffnet sich seine Klappe, und da sie sich wieder schließt, so wie jenes mittelst eines Hebels oder einer anderen Vorrichtung emporgehoben wird, kann die Luft nicht wieder heraus, sondern muß durch die sich öffnende Klappe des Zwischenbretes in die obere Kammer. Nach demselben Princip ist das Gebläse gefertigt, welches beim Schmelzen von Metalle, und zu anderen Handwerks- oder Fabrikszwecken angewendet wird.

Durch die Wirkung der Luft vermittelst ihrer elastischen Kraft auf das Wasser, lassen sich verschiedene kleine, künstliche Springbrunnen darstellen. Man fülle eine starke Flasche zur Hälfte mit Wasser, und lasse eine schmale Glasröhre bis fast an den Boden reichen, welche überdies

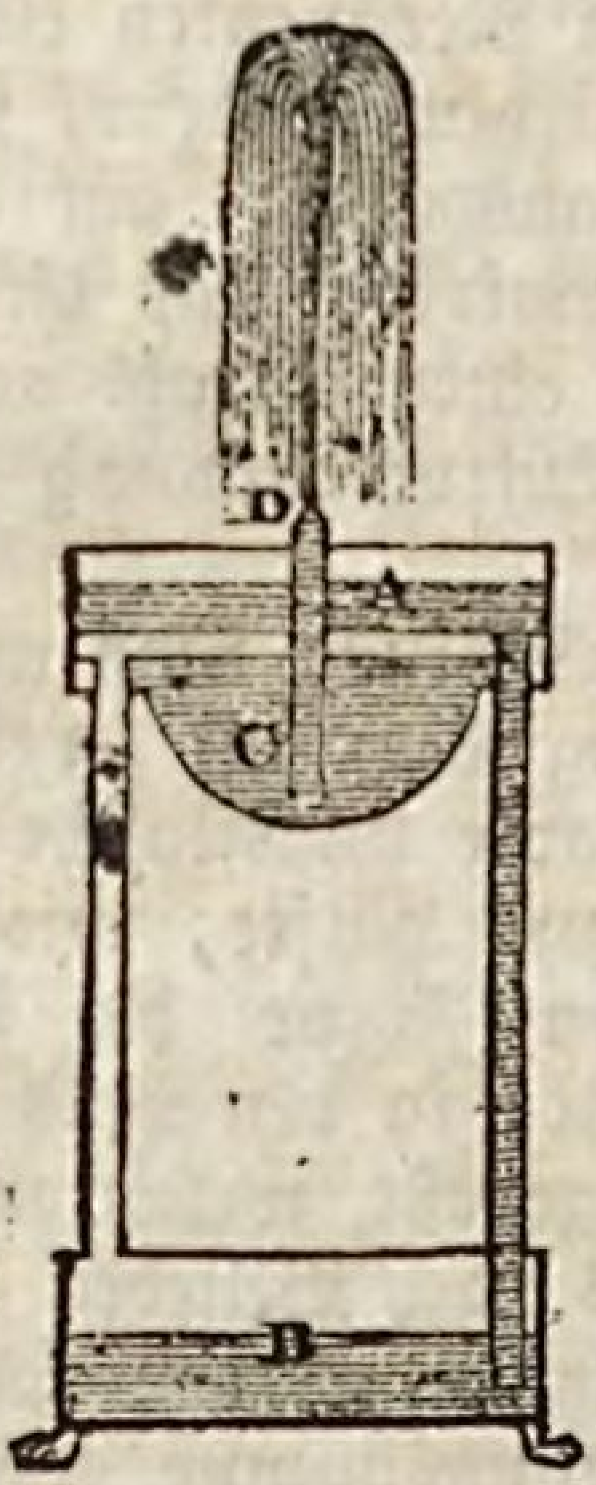
luftdicht befestigt wird, indem sie durch ein in einen Kork gebohrtes Loch geht, und eine Blase darüber gebunden ist. Diese Flasche stelle man dann unter den Recipienten einer Luftpumpe, und beginne die Luft auszuziehen, worauf sich die in der Flasche eingeschlossene Luft ausdehnt, auf die Oberfläche des Wassers drückt, und bewirkt, daß dieses durch die obere Mündung der Röhre in einen Strahl ausspringt, dessen Höhe zu dem Grade der Luftverdünnung im Recipienten im Verhältnisse steht.



Eine ähnliche Wirkung kann auch durch Verdichtung der Luft erzielt werden. Eine starke Glasflasche sei etwas mehr als zur Hälfte, wie in der nebenstehenden Figur bis D E mit Wasser gefüllt; in den Hals sei die Röhre A C angepaßt, welche mittelst des Hahns B nach Belieben geöffnet und geschlossen werden kann. Eine Luftverdichtungspumpe werde dann an die Röhre bei A angeschraubt, der Hahn geöffnet, und Luft in die Flasche getrieben, welche durch das Wasser aufsteigen und stark auf dessen Oberfläche drücken wird. Hierauf schließt man den Hahn, nimmt die Pumpe weg, und steckt eine schmale Spritzröhre in die Oeffnung A, und dreht den Hahn auf, wo dann die Elasticität der in der Flasche eingeschlossenen verdichteten Luft die Flüssigkeit in Gestalt eines Strahles emportreiben wird, dessen Höhe sich allmälig vermindert, so wie sich die eingeschlossene Luft in Folge ihrer größeren Ausdehnung nach und nach der Dichtigkeit der äußeren Luft nähert. Wenn man in eine kleine mit einem wohlpassenden Korke versehenen Flasche eine dünne Röhre steckt, und mit aller Macht in sie bläst, wird sich genau dieselbe Wirkung zeigen, wie bei dem zuvor beschriebenen Apparate.

Die Maschine, welche der Heronsbrunnen heißt, wirkt nach demselben Princip, und unterscheidet sich von dem vorigen Apparate nur durch die Art, wie die Verdichtung

und die daraus folgende Erhöhung der Elasticität der Luft hervorgebracht wird. Dies geschieht mittelst einer Wassersäule, wie aus der nebenstehenden Figur ersichtlich ist, welche nur eine der zahlreichen Formen darstellt, unter welchen solche Springbrunnen verfertigt werden. Die Maschine besteht aus einem offenen Gefäße A, von dem eine Röhre in das Gefäß B niederreicht, von dessen entgegengesetzter Seite eine andere Röhre eine Communication mit einer verschlossenen Höhlung über dem Becken C unterhält, worin eine Springröhre, deren oberes Ende offen ist, fast bis zum Boden reicht. Nachdem man Wasser in das Becken C gegossen hat, wird noch mehr in das Gefäß A geschüttet, bis es durch die Röhre niederfließt, und den unteren Theil des Gefäßes B füllt; da es nun die Luft in demselben, in der anderen Röhre und der Höhlung oben zusammendrückt, so wird das Wasser in dem Becken C durch die Elasticität der verdichteten Luft in Gestalt eines Strahles durch die Oeffnung D getrieben werden, und wenn man noch mehr Wasser in das Gefäß A gießt, kann die eingeschlossene Luft so verdichtet werden, daß fast alles Wasser aus dem Becken C ausgetrieben wird. Das Princip, nach welchem der Heronsbrunnen wirkt, ist zum Bau von Maschinen, namentlich der Wassersäulenmaschine, um das Wasser aus den Minen zu bringen, angewendet worden; man bedient sich ihrer jedoch nicht mehr, weil zu demselben Zwecke mächtigere und ausgiebigere Maschinen erfunden worden sind.



Ein alltäglich vorkommendes Beispiel des elastischen Druckes der Luft findet statt, wenn man starkes Bier, Cider oder Champagner entpfropft und in offene Gefäße ausgießt, wo dann die in die Flüssigkeiten eingeschlossene Luft in zahlreichen Blasen nach der Oberfläche aufsteigt. Aus demselben Grunde springen auch Flaschen, welche mit Cider,

Bier oder anderen stark mit Luft geschwängerten Flüssigkeiten gefüllt, und fest verstöpselt und mit Draht verschlossen sind. Das sogenannte Sodawasser wird bereitet, indem man durch mechanische Mittel Luft hineinzwingt, es kann daher nur in sehr starken Flaschen von eigenthümlicher Gestalt aufbewahrt werden, aus denen es, so wie sie entkorkt werden, in Folge der Elasticität der eingeschlossenen Luft mit großer Heftigkeit emporschießt. Die Luft verbindet sich unter dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre leicht mit Wasser, wenn gleich in keiner großen Quantität. Dies läßt sich beweisen, wenn man ein mit Wasser gefülltes Glas unter den Recipienten stellt, und die Luft auszieht, worauf die im Wasser sich befindliche, in zahlreichen Blasen aufsteigen wird.

Es ist bereits angeführt worden, daß man auch durch die bestgebaute Luftpumpe keinen vollkommen leeren Raum (Vakuum) erzielen kann. Die Unmöglichkeit, alle Luft aus einem Recipienten zu ziehen, hängt, abgesehen von der Mangelhaftigkeit aller Maschinen, von jener Eigenschaft ab, welche die Wirksamkeit der Luftpumpe erzeugt; denn da die Elasticität der Luft stets im geraden Verhältnisse zu ihrer Dichtigkeit steht, so wird, wenn die Hälfte der in einem Gefäße eingeschlossenen Luft ausgezogen worden ist, die andere Hälfte sich ausdehnen und den ganzen Raum ausfüllen, während Dichtigkeit und Elasticität ebenfalls um die Hälfte vermindert sind. Könnte daher die Hälfte der in einem Recipienten befindlichen Luft durch den ersten Stoß, und die Hälfte der gebliebenen durch den zweiten Stoß ausgezogen werden, so ist offenbar, daß beij jedem folgenden Stoß die Quantität der entfernten Luft nur die Hälfte derjenigen sein kann, die durch den nächstvorhergehenden Stoß entfernt wurde; kurz es wird immer ein Rest bleiben, wie gering er auch am Ende sein mag. Obschon daher, wenn die Pumpe auch noch so lange arbeitet, stets eine Quantität Luft zurückbleibt, muß diese zuletzt doch so äußerst unbeträchtlich sein, daß beinahe ein Vakuum erzielt wird.

Gesetzt das Verhältniß der Räumlichkeit zwischen dem Cylinder einer Luftpumpe und ihrem Recipienten wäre so

beschaffen, daß ein Viertheil der in ihm enthaltenen Luft bei jedem Aufzuge des Kolbens in den Cylinder tritt, so wird bei dem fünften Aufzug in dem Recipienten weniger als ein Viertheil der anfänglich dagewesenen Luft vorhanden sein, und da die Abnahme in einer geometrischen Progression vor sich geht, wird nach dreißig Stößen in dem Recipienten nur $\frac{1}{3096}$ der ursprünglich dagewesenen Luft bleiben. Daraus folgt, daß, je geringer der Unterschied zwischen dem Umfang des Recipienten und des Cylinders (Stiefels) ist, die Verdünnung der Luft um so schneller bewirkt werden muß: der Recipient mag aber noch so klein sein, so kann die Luft doch nie völlig ausgezogen werden.

Auch darf nicht unbemerkt gelassen werden, daß der Grad, welcher die Verdünnung erreichen kann, durch die Wirkung der verdünnten Luft auf die Klappen am Boden der Cylinder beschränkt wird; denn da die Elasticität der in dem Recipienten bleibenden Luft die Ursache ist, weswegen sich die Klappen öffnen, so werden sie zu arbeiten aufhören, so wie die Verdünnung so weit gegangen ist, daß die zurückgebliebene Luft nicht mehr hinreichende Kraft hat, um den geringen Widerstand zu bewältigen, den ihr das Gewicht und die Friktion der Klappen entgegensetzen. Ein anderer Grund, warum die Verdünnung nur bis zu einer gewissen Grenze fortgesetzt werden kann, liegt darin, daß sich in die Länge beim Niederstoßen die Klappen der Kolben nicht mehr öffnen werden, weil die verdünnte Luft nicht mehr die hinreichende Elasticität besitzt, um den Druck der Atmosphäre auf diese Klappen zu besiegen. Man hat im Bau der Luftpumpe verschiedene Verbesserungen angebracht, welche die eben angeführten Unvollkommenheiten beträchtlich verringert haben; und wenn auch wegen der eigenthümlichen Eigenschaften der Luft ein wirkliches Vakuum durchaus nicht hervorgebracht werden kann, so hat doch der Scharfsinn der Mechaniker der neueren Zeit es möglich gemacht, daß die Luft in dem Recipienten bis zu jedem zu den verschiedenen Experimenten nöthigen Grad verdünnt werden kann.

Schwere der Luft.

Die Erscheinungen, welche von dem Einflusse der Gravitation der Luft, mithin von ihrer Schwere oder ihrem Gewichte abhängen, sind nicht minder wichtig, als diejenigen, welche durch ihre Elasticität hervorgebracht werden; es erfordert daher dieser Gegenstand eine ausführliche Erörterung.

Daß die Luft wägbar ist, kann sehr leicht durch die Luftpumpe bewiesen werden. Denn wenn man eine Flasche, deren Rauminhalt man kennt, bevor und nachdem die Luft ausgezogen worden ist, wägt, so wird der Verlust an Gewicht, die Schwere der ausgezogenen Luft angeben, und ist dieses Experiment mit der erforderlichen Genauigkeit angestellt worden, bekömmt man als Resultat, daß ein Kubikfuß Luft 523 Grän wiegt. Dieselbe Quantität Wasser wiegt 1000 Unzen Krämergewicht, es ist daher, Masse für Masse genommen, 840 Mal schwerer als die Luft, welches Resultat mit der Schätzung der specifischen Schwere der atmosphärischen Luft gegen jene des Wassers, wie sie in der Tabelle der specifischen Schwere in der Abhandlung über die Hydrostatik angegeben worden ist, genügend übereinstimmt *).

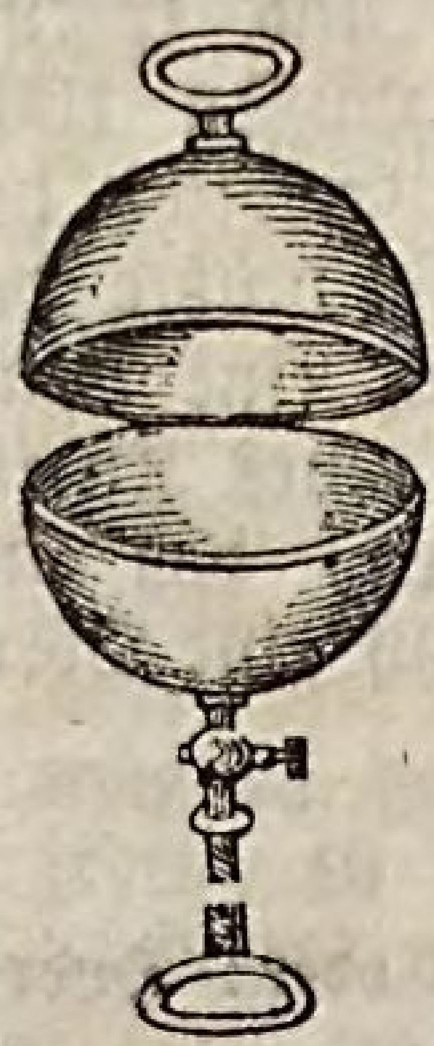
Da mithin die Luft so wie alle wägbaren Substanzen ein bestimmtes Gewicht hat, so muß sie auf dieselbe Weise wie andere schwere Körper Druck hervorbringen, und zwar im Verhältnisse zu ihrer Masse und specifischen Schwere. In Folge des Obgesagten müssen 1000 Kubikzoll atmosphärischer Luft ein größeres Gewicht haben als ein einziger Kubikzoll Wasser, also müßte der Druck einer solchen Masse Luft, wenn er auf eine kleine Oberfläche wirken könnte, größer sein, als der eines Kubikzolls Wasser. Die direkteste Art zu bewirken, daß eine gegebene Quantität Luft durch ihre Schwere auf eine Ober-

---

*) Siehe die zweite Abtheilung dieses Werkes, oder: Hydrostatik und Hydraulik, S. 41 und 42.

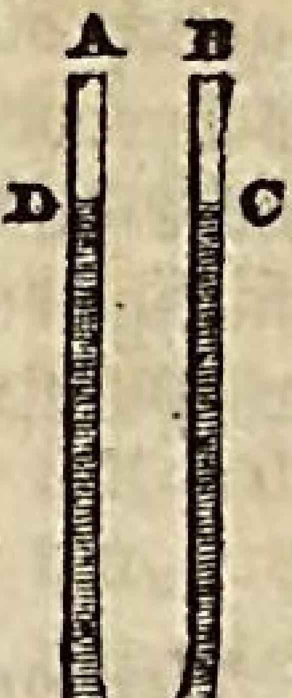
fläche von bestimmter Ausdehnung drücke, wäre, wenn man eine cylinderförmige oder viereckige Luftsäule bildete, deren Basis genau den erforderlichen Umfang hat. Dies kann jedoch durch Kunst nur mit Säulen von einer sehr geringen Höhe bewerkstelligt werden; allein die Atmosphäre, welche die Erde umgiebt, bietet eine Masse Luft von großer Höhe dar, deren vertikaler Druck auf einen gegebenen Raum durch direkte Experimente ermittelt werden kann.

Ein Recipient, oder jedes andere luftdichte Gefäß, das auf den Teller einer Luftpumpe gestellt wird, und woraus man die Luft auszieht, steht in Folge des Druckes der äußeren Luft auf demselben so fest, daß es nur mit Anwendung einer beträchtlichen Kraft wegbewegt werden kann. Einen Begriff von der Druckgewalt der Luft kann man erhalten, wenn man einen an beiden Enden offenen Glascylinder auf den Teller seiner Luftpumpe stellt, und das obere Ende mit der flachen Hand luftdicht verschlossen hält. So wie man die Luft auszuziehen beginnt, wird der obere Theil der Hand sogleich den Druck der Atmosphäre fühlen, und setzt man das Ausziehen weiter fort, so entsteht zuletzt sogar ein sehr empfindlicher Schmerz. Rechnet man das Gewicht der Atmosphäre auf eine Fläche von einem Quadratzoll funfzehn Pfund, so wird der Druck auf die Hand über den Cylinder, woraus fast alle Luft gezogen worden ist, dreißig Pfunden gleichkommen.



Auf eine genauere Weise kann man den Druck der Luft mittelst zwei hohler Halbkugeln ermitteln, aus welchen die Luft gezogen worden ist. Diese Halbkugeln aus Metall, müssen mit Handhaben oder Haken versehen sein, um aufgehängt werden zu können. In dem röhrenförmigen Hals, in welchen die Handhabe eingeschraubt ist, muß ein Hahn angebracht sein; nachdem man jene weggenommen und diesen geöffnet hat, wird die Halbkugel auf dem Teller einer Luftpumpe angeschraubt, und die andere Halbkugel übergesetzt, worauf man die Kolben arbeiten läßt, und im

Innern der Kugel einen luftleeren Raum erzeugt. Dann dreht man den Hahn zu, um das Wiedereindringen der Luft zu hindern, schraubt die Kugel ab, die Handhabe an, und man wird finden, daß die beiden Halbkugeln, aus welchen sie besteht, durch den Druck der äußeren Luft fest an einander halten. Gesetzt der Diameter der Kugel betrüge sechs Zoll, so würde die Durchschnittsfläche beim Mittelpunkte 28 Quadratzoll betragen; da man nun den Druck der Luft auf jeden Quadratzoll kennt, so wird man leicht berechnen können, welche Kraft erforderlich ist, um die Halbkugeln zu trennen, vorausgesetzt daß die Luft fast völlig ausgezogen wurde Dieses Experiment heißt das Magdeburg'sche, weil es von Otto Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, dem Erfinder der Luftpumpe, zuerst angestellt worden ist, und ihn auf diese wichtige Erfindung geleitet zu haben scheint. Ursprünglich füllte er die aufeinander gepaßten Halbkugeln mit Wasser, um die Luft auszutreiben, und pumpte es dann aus, während ein zugedrehter Hahn das Wiedereindringen der Luft hinderte. Nachdem er sich dadurch von dem Dasein eines beträchtlichen atmosphärischen Druckes überzeugt hatte, schritt er zur Erfindung der Luftpumpe, mittelst welcher er aus den aufeinandergepaßten Halbkugeln die Luft leichter ausziehen konnte, als durch den früheren, mühsamen Prozeß. Dieser Naturforscher operirte mit zwei kupfernen Halbkugeln, die eine Magdeburger Elle im Durchmesser hatten, und der Druck der Atmosphäre auf eine so ausgedehnte Oberfläche, nachdem die innere Luft ausgezogen worden, war so groß, daß die Halbkugeln durch vier und zwanzig Pferde, wovon zwölf an jeder zogen, nicht getrennt werden konnten.



Daß das Gewicht der Luft stets im Verhältnisse zur senkrechten Höhe der Luftsäule, die auf eine Oberfläche drückt, stehe, kann leicht durch eine, wie in der nebenstehenden Figur, gekrümmte und an beiden Enden offene Röhre nachgewiesen werden. Wenn man, vorausgesetzt die Röhre sei überall von gleichem Durchmesser, Quecksilber hineingießt, so wird es in beiden Armen der Röhre zu derselben

Höhe DC emporsteigen. Schließt man nun das Ende A fest mittelst einer Blase und mit weichem Wachs, so wird das Quecksilber auf welches die über demselben sich befindlichen Luft von mittlerer Dichtigkeit der Atmosphäre drückt, in diesem Arme stets auf der Höhe D bleiben; im anderen Arme, aber, welcher offen steht, wird das Quecksilber je nach den Veränderungen der Dichtigkeit der äußeren Luft bald steigen bald fallen. Trägt man eine solche Röhre auf einen hohen Thurm, so wird die äußere Luftsäule über dem Quecksilber um die Höhe des Gebäudes verkürzt, und jenes wird, von einem Theil des Druckes befreit, von C etwas nach B steigen. Sollte dagegen die Röhre in den Schacht eines tiefen Bergwerkes gebracht werden, so würde das Quecksilber im offenen Arm der Röhre unter C sinken, weil unten eine höhere Luftsäule auf die Oberfläche desselben drückt, als oben in der freien Atmosphäre.

Das eben beschriebene Instrument stellt eine Art von Barometer *) vor, weil es die Veränderung des Druckes der Atmosphäre anzeigt. Inzwischen ist dasjenige Instrument, welchem man die Benennung Barometer beigelegt hat, verschieden construirt, und gestattet, eine viel richtigere Messung des Druckes der atmosphärischen Luft zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenenen Umständen.

Die Erfindung dieses wichtigen Instrumentes scheint mit Recht Torricelli'n, Professor der Mathematik zu Florenz in der ersten Hälfte des siebzehnten Jahrhundertes zugeschrieben werden zu müssen. Er war Schüler des berühmten Galileo, der aller Wahrscheinlichkeit nach zuerst unter den neueren Naturforschern auf die Idee kam, daß die Luft auch die Eigenschaft der Schwere besitze, wenn er gleich die Art ihrer Wirksamkeit, um atmosphärischen Druck hervorzubringen, und die zahlreichen Erscheinungen, welche daraus hervorgehen, nicht kannte. Man machte zufällig die Bemerkung, daß Wasser, welches mit Hülfe einer Pumpe

*) Von dem Griechischen *Βάρος*, Gewicht, und *Μέτρον*, Maaß.

erhoben wird, in der Saugepumpe nie viel höher steigt als 33 Fuß: denn so oft der Kolben ungefähr so hoch über die Oberfläche des Wassers sich befand, folgte dieses ihm nicht mehr nach. Das Aufziehen des Kolbens bildet einen leeren Raum in der Röhre unten, und das Aufsteigen des Wassers in derselben wurde von den Naturforschern des sechszehnten Jahrhunderts durch den hypothetischen Satz: »Natura abhorret vacuum.« zu erklären versucht. Der Lehrsatz jedoch, daß die Natur einen leeren Raum verabscheue, ist eine vollendete Ungereimtheit, und weiter nichts als eine jener vielen Phrasen, womit diejenigen, welche Alles zu wissen vorgaben, zu allen Zeiten ihre wirkliche Unwissenheit zu bemänteln suchten. Indessen galt dieses Dogma zur benannten Zeit allgemein, und bis zur Entdeckung, daß, wenn in der Saugeröhre einer Pumpe wirklich ein Vakuum geschaffen wurde, das Wasser es nur bis zur Höhe von 33 Fuß füllte, scheint man auch nicht den geringsten Zweifel in dasselbe gesetzt zu haben. Als man nämlich zu Florenz aus einen Brunnen von größerer Tiefe als gewöhnlich mittelst einer Pümpe Wasser aufziehen wollte, und sich darin getäuscht sah, holten die Werkmeister bei Galileo Rath ein, wie sie es anfangen sollten um Wasser zu einer größeren Höhe als 33 Fuß zu heben, oder erbaten sich wenigstens die Erklärung einer Erscheinung, welche mit der angenommenen Hypothese in so argem Widerspruche stand. Galileo soll geantwortet haben, »daß der Abscheu der Natur gegen ein Vakuum sich nicht höher als bis zu 33 Fuß erstrecke, daß daher, wenn diese Höhe erreicht wäre, sie demselben keinen weiteren Widerstand entgegensetze.« Obschon diese Anekdote oft wiederholt wurde, zweifelt man doch, daß Galileo eine solche Antwort wirklich gegeben habe, und in jedem Falle ist anzunehmen, daß sie, wenn er sie gab, von ihm keineswegs als eine befriedigende Lösung der so unvermutheten Schwierigkeit betrachtet worden sein konnte. Er versuchte in der That in seinen Schriften, diese Erscheinung nach anderen Principien zu erklären, doch scheint die wahre Ursache seinem Scharfsinne entgangen zu sein.

Wahrscheinlich brachten die Discussionen, welche durch diesen Umstand veranlaßt wurden, Torricelli auf den Gedanken, daß das Aufsteigen des Wassers in der Saugeröhre einer Pumpe bloß durch den Druck der Atmosphäre auf das Wasser in dem Brunnen hervorgebracht werde, und daß, da ihr Druck auf die Oberfläche der Erde nirgends eine große Abwechselung erleidet, er nie viel größer sein könne, als nöthig ist, eine Wassersäule in einem leeren Raum bis zur Höhe von 33 Fuß emporzuheben. Es fiel ihm die glückliche Idee bei, seine Vermuthung durch ein Experiment mit einem viel schwereren Fluidum, als Wasser es ist, zu verificiren, denn, dachte er, wenn der Druck der Atmosphäre es ist, welcher das Wasser hebt, so muß derselbe Druck auf eine schwerere Flüssigkeit, diese zu einer verhältnißmäßig geringeren Höhe heben. Er nahm Merkur, das schwerste aller bekannten Fluida, und füllte mit demselben, dessen specifische Schwere zum Wasser sich verhält wie $13\frac{1}{2}$ zu 1, eine an einem Ende offene Glasröhre, tauchte dieses in einen kleinen Krug mit Quecksilber, ließ zwischen dem in der Röhre und jenem im Kruge eine Kommunikation stattfinden, und entdeckte, daß das Fluidum sank, bis es in der Röhre dreißig Zoll über das im Kruge unten erhoben war. Dieses Experiment war in so weit befriedigend, denn $13\frac{1}{2} : 1 :: 33$ Fuß : $2\frac{1}{2}$ Fuß = 30 Zoll, folglich ist der Druck der Atmosphäre auf eine gegebene Oberfläche gleich einer Wassersäule von demselben Umfange der Basis und 33 Fuß Höhe, oder gleich einer ähnlichen Quecksilbersäule von jedoch nur 30 Zoll Höhe. Der Barometer, welcher jetzt gewöhnlich als Wetterglas gebraucht wird, ist nichts weiter als eine mit Quecksilber gefüllte Röhre von geeigneter Länge, deren offenes Ende entweder in ein kleines Gefäß mit Quecksilber getaucht, oder aufwärts gekrümmt ist, so daß das flüssige Metall dem Luftdrucke ausgesetzt wird; auch ist oben eine Skale in Zollen von 27 bis 32 angebracht, damit man sogleich sehen kann, auf welcher Höhe das Quecksilber unter dem Druck der Atmosphäre zu jeder Zeit stehe. Dieses nützliche Instrument hieß anfangs nach dem Entdecker des Grundsatzes,

worauf seine Wirkung beruht, die Torricellische Röhre, später erhielt es jedoch die Benennung Barometer, und hat diese auch beibehalten.

Nachdem die Wirkung des Gewichtes der Atmosphäre und des daraus folgenden Druckes durch die entscheidenden Experimente Toricelli's außer Zweifel gesetzt worden war, wurde dieser Gegenstand in Frankreich weiter verfolgt, namentlich durch den ausgezeichneten Naturforscher Pascal und Pater Mersenne im Jahre 1647. Während der erstere über die Wirkungen des atmosphärischen Druckes nachdachte, stieß ihm der Gedanke auf, daß das Gewicht einer Luftsäule, da es von deren lothrechter Höhe abhängt, am größten in niedrigen Lagen sein, an hochgelegenen Punkten aber abnehmen müsse. Um diesen Satz dem Prüfestein der Erfahrung zu unterwerfen, ersuchte er einen Freund, der in der Auvergne wohnte, den Stand der Barometersäule zuerst am Fuße, und dann auf dem Gipfel des Puy de Dôme, eines hohen Berges in der eben genannten Provinz Frankreichs zu untersuchen. Das Experiment fiel aus, wie Pascal es vorausgesehen hatte, und er selbst stellte dann ähnliche Versuche mit einem Barometer an, den er von einer der tiefstgelegenen Straßen von Paris auf den Gipfel eines hohen Thurmes schaffte.

Zu Zwecken der Naturforschung ist der Barometer außerordentlich dienlich, und zwar nicht nur, um die täglichen und stündlichen Veränderungen, welche in der Atmosphäre an jedem Orte in Folge von Ursachen stattfinden, die mit der Wissenschaft der Meteorologie im Zusammenhange stehen, zu ermitteln, sondern auch um die Höhe der Berge, und überhaupt aller über die Meeresfläche erhobenen Plätze zu messen. Beide Zwecke fordern jedoch, daß der Barometer mit der äußersten Genauigkeit verfertigt ist; auch sind, wenn man mit ihm besonders zum Behuf von Höhenmessungen Beobachtungen anstellt, verschiedene Vorsichtsmaßregeln unerläßlich; namentlich darf man bei den Berechnungen den Einfluß der Temperatur nicht aus den Augen verlieren.

Es ist einleuchtend, daß der Nutzen des Barometers als Wetterglas sehr beschränkt sein muß; denn, da der Stand des Quecksilbers zum Theil von der Erhöhung des Beobachtungsplatzes über die Meeresfläche abhängt, kann man kein genaues Urtheil über die Dichtigkeit der Atmosphäre fällen, insofern diese auf den Zustand des Wetters Einfluß hat, ohne daß man den ebenberührten Umstand mit in Anschlag bringt; es ist daher an jedem gegebenen Platze eine Reihe von Beobachtungen erforderlich, um eine Person in den Stand zu setzen, mit einiger Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, welche Witterungsveränderung in Folge des Steigens und Fallens des Quecksilbers Platz greifen wird.

Um Veränderungen in der Höhe der Quecksilbersäule, welche, wie gering sie auch sein mögen, doch für den Meteorologen Interesse haben, bemerken zu können, hat man zu verschiedenen Methoden im Bau des Barometers Zuflucht genommen. So besteht der Radbarometer, welcher in der nebenstehenden Figur abgebildet ist, aus der Röhre ABC, die bei A hermetisch verschlossen, bei C dagegen offen ist, und so lang, daß die Entfernung von C nach A 32 Zolle beträgt. Die Röhre wird mit Quecksilber voll gefüllt, welches, nachdem jene senkrecht aufgehangen worden ist, in dem Arm AB so lange sinkt, bis der Unterschied der Flächen E und F der Höhe einer Quecksilbersäule gleich ist, welcher dem Gewichte der Luft das Gleichgewicht hält, so daß jede Veränderung des Druckes eine gleiche Wirkung auf das Quecksilber bei E und F hervorbringt, und daß, durch welchen Raum das Fluidum bei E steigt, es um eben so viel bei F sinkt. Auf der Oberfläche des Quecksilbers bei F schwimmt eine kleine Kugel von Eisen, welche mittelst eines starken Fadens über die Rolle P geht, an dessen anderen Ende das Gewicht W angebracht ist, welches jedoch nicht ganz so schwer sein darf wie die schwimmende Kugel. Die Axe der Rolle geht durch den Mittelpunkt eines großen in Grade eingetheilten Kreises G, und bewegt den Zeiger H. Da das Gewicht W

gerade nur so schwer ist, daß es der Eisenkugel die Wage hält, und die Friktion der Rolle bewältigt, so steigt und fällt die Eisenkugel ungehindert, so wie die Oberfläche des Quecksilbers worauf sie schwimmt, sich in Folge der Veränderung des Luftdruckes hebt oder senkt. Beträgt nun die Peripherie des Rades P zwei Zolle, so wird eine völlige Umwälzung desselben gleichkommen einer Veränderung der Höhe von zwei Zoll bei F, und von vier Zoll in der ganzen Höhe der Barometersäule. Da der in Grade eingetheilte Cirkel bequem 40 Zoll im Umkreise haben kann, so werden zehn Zoll desselben einem Zoll der Säule, und ein Zoll des Zirkels $\frac{1}{10}$ Zoll der Säule correspondiren, so daß Veränderungen, die weit weniger als $\frac{1}{10}$ Zoll betragen, deutlich bemerkt werden können.

Die Nützlichkeit des Barometers als Wetterglas, hängt, wie schon erwähnt worden, von verschiedenen Umständen, namentlich von der Höhe des Ortes ab, wo sich der Beobachter befindet; man darf sich daher nicht im geringsten an die Worte »Regen,« »schön,« »veränderlich,« welche bei manchen Barometern bemerkt sind, kehren, weil sie das Verhältniß zwischen der angezeigten Höhe des Barometers und dem Stande der Witterung durchaus nicht genau angeben. Allgemeine Regeln, um die Witterung aus dem Stande des Barometers zu berechnen, können nicht auf alle Ortslagen passen; wer daher aus dem Grade des atmosphärischen Druckes, wie der Barometer ihn anzeigt, einen richtigen Schluß auf die kommende Veränderung in dem Stande der Atmosphäre ziehen will, muß diesem Gegenstande die größte und umsichtigste Aufmerksamkeit weihen, ohne welche geschriebene Regeln den Beobachter nur mißleiten können, während sie durch ein langes und fleißiges Studium des Instrumentes überflüssig werden. Nur ein Umstand mag hier erwähnt werden, nämlich, daß die Veränderungen des Wetters nicht sowohl durch die gegenwärtige Höhe der Barometersäule, als vielmehr durch die Veränderung der Höhe angezeigt werden.

Unter den Methoden, welche man angewendet hat, um die Wirkung des atmosphärischen Druckes mit der größten Genauigkeit zu ermitteln, verdient der zusammengesetzte Barometer besondere Erwähnung. Es wird nämlich dabei zu dem Quecksilber in der Röhre Wasser gefügt, und da dies die mittlere Höhe der Barometersäule vermehrt, so werden die Veränderungen, welche sich aus der Zu= oder Abnahme des Druckes der Luft ergeben, beträchtlicher, als in einem gewöhnlichen Barometer, mithin auch deutlicher wahrzunehmen sein. Indessen sind solche Instrumente mit gewissen Mängeln und Nachtheilen verbunden, so daß sie im Ganzen weniger Brauchbarkeit gewähren als die gewöhnlichen.

Eine Barometersäule, die bloß aus Wasser besteht, muß wegen dessen hoher Empfindlichkeit für die Veränderungen des atmosphärischen Druckes, eine bei weitem größere Leichtigkeit gewähren, als der Quecksilberbarometer, um auch die kleinsten Veränderungen, welche immerwährend vorkommen, zu beobachten. Ein Wasserbarometer bleibt aber stets eine sehr unbehülfliche Maschine, und kann daher nur in wenigen Lagen angewendet werden, selbst wenn Kosten und die Mißlichkeit seiner Construktion viel unbeträchtlicher wären. Paskal, dessen Forschungen schon erwähnt worden sind, stellte zu Rouen in der Normandie interessante Versuche an, und ermittelte mittelst eines vierzig Fuß hohen aus gläsernen Röhren bestehenden Barometers den Druck der Atmosphäre auf Wasser und auch auf Wein. Er fand, daß, während das Quecksilber in dem gewöhnlichen Barometer zu 2 Fuß $3\frac{1}{2}$ Zoll (französisches Maß) stand, Wasser in einer seiner Röhren zu $31\frac{1}{9}$, und Wein zu $31\frac{2}{3}$ Fuß erhoben wurde. Obschon daher die Verschiedenheit der specifischen Schwere dieser beiden Flüssigkeiten nur sehr gering gewesen sein kann, brachte sie doch einen merkbaren Unterschied in der Art hervor, wie der atmosphärische Druck auf sie wirkte. Das Experiment mit Wasser wurde von Roger Cotes, Professor der Philosophie zu Cambridge, im Anfange des vorigen Jahrhundertes wiederholt: in beiden Fällen war aber der Zweck nur ein temporärer Ver=

such, um die Wirkung des Luftdruckes unbezweifelter nachzuweisen.

Ein bleibender Wasserbarometer ist jedoch auf Befehl der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu London errichtet worden, befindet sich in der Eingangshalle zu ihrem Lokale in Sommerset-House, und das Rohr ist in dem hohlen Raum einer Wendeltreppe angebracht. Dieser Wasserbarometer besteht aus einem Rohr von 40 Fuß Höhe, und unten von einem Zoll im Durchmesser, von cylindrischer Gestalt, und nur am oberen Ende etwas enger als am unteren. Dieses Instrument dient vortrefflich dazu, um die verschiedenen periodischen Veränderungen, oder Oscillationen der atmosphärischen Luftsäule, wie man sie zu nennen pflegt, anzuzeigen; auch ist bereits durch Daniell ein Bericht über die angestellten Beobachtungen, sammt daraus abgezogenen Tabellen, der Gesellschaft vorgelegt worden. Man hat bemerkt, daß das Steigen oder Fallen der Wassersäule in diesem Barometer den correspondirenden Veränderungen in einem Quecksilberbarometer um eine Stunde vorangehe: bei windigem Wetter befindet sich das Wasser in beständiger Bewegung, und man hat die Fluktuationen in der Röhre mit dem Athmen eines Thieres verglichen *).

Es ist bereits bemerkt worden, daß die Elasticität der Luft stets in geradem Verhältnisse zu ihrer Dichtigkeit steht, oder mit anderen Worten, daß, je größer die Dichtigkeit eines Theiles der Luft ist, auch der Grad ihrer elastischen Kraft desto größer sein wird. Die besten neueren Luftpumpen sind so gebaut, daß sie eben sowohl zur Luftverdichtung als zur Luftverdünnung benutzt werden können; doch leistet die Compressionspumpe, wegen ihrer größeren Einfachheit, bessere Dienste, und man kann mit ihr alle Experimente über die Elastität der verdichteten Luft anstellen.

---

*) Arcana of Science, 1833, pp. 263, 264.

Zu den interessantesten Anwendungen der Kraft der Luft in einem Zustande hoher Verdichtung gehört das Fortschleudern von Kugeln und anderen Wurfwaffen mittelst der Windbüchse. Es ist nicht unmerkwürdig, daß dieses Werkzeug schon vor der Erfindung der Luftpumpe und des Barometers im Gebrauch gewesen ist; denn es wird in dem Werke Elémens d'Artillerie von David Ricaut, welcher Lehrer des Königs Ludwigs XIII. von Frankreich war, bereits erwähnt, und seine Erfindung einem gewissen Maria von Lisieux in der Normandie zugeschrieben, welcher Heinrich IV. eine Windbüchse überreichte. Auch wird angeführt, daß sich in der Rüstkammer von Schmettau eine Windbüchse befand, die das Datum 1474 trug. Indessen waren diese Instrumente viel schlechter, als es die neueren Windbüchsen sind, auch mag ihr Bau von diesen sehr verschieden gewesen sein.

Die Windbüchse besteht, wie die gewöhnliche Flinte oder Muskete, aus einem langen metallenen Rohr, um die Kugel zu empfangen; am hinteren Theile des Rohrs befindet sich jedoch eine Oeffnung, um die verdichtete Luft auf die Kugel zu lassen, welche durch sie mit einer Schnelligkeit fortgeschleudert wird, die zum Grade der Verdichtung der Luft im Verhältnisse steht. Obschon die auf die eben beschriebene Weise hervorgebrachte Wirkung in allen Windbüchsen sich gleich bleibt, ist jedoch der Mechanismus, durch welchen die Zulassung der Luft regulirt wird, bei verschiedenen Instrumenten verschieden. Einige derselben sind mit einer Compressionspumpe versehen, welche sich im Kolben befindet, und eine äußere Röhre umgiebt den Lauf, so daß die Luft in den Raum zwischen den Röhren gezwängt wird; wenn nun die Kugel, welche genau in den Lauf paßt, eingeladen worden ist, öffnet sich mittelst eines Druckes auf den Schneller eine Klappe, die Luft strömt aus der Höhlung, welche durch die äußere Röhre gebildet wird, in die Kammer hinter der Kugel, treibt diese aus dem Lauf, und wirkt durch ihre Expansionskraft auf sie, bis sie aus der Mündung der Windbüchse gefahren ist. Andere Windbüchsen haben nur ein Rohr, um die Ku-

gel aufzunehmen; die Luft wird durch eine Compressionspumpe in eine starke Kugel von Kupfer zusammengepreßt, welche, wenn sie hinreichend gefüllt ist, von der Pumpe ab und an den Kolben der Büchse geschraubt wird, worauf dann mittelst einer ähnlichen Vorrichtung wie die oben beschriebene, indem man an den Schneller drückt, die Kugel abgeschossen werden kann. Der Kolben kann eine Art Kugelmagazin enthalten, von denen eine nach der anderen in die Kammer fallen kann, so daß man mehrere Kugeln in fast ununterbrochener Aufeinanderfolge abzuschießen vermag, nur wird dadurch die Dichtigkeit und Elasticität der Luft, folglich auch die Schnelligkeit der Kugeln schleuniger abnehmen.

Aus dem, was über die Dichtigkeit und Elasticität der Luft gesagt worden ist, folgt, daß alle Körper auf der Oberfläche der Erde von der über sie ruhenden Atmosphäre einen Druck aushalten, welcher dem Gewichte einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe mit einer Basis, welche im Umfange jener der Körper worauf die Luft drückt, correspondirt, gleichkömmt. Dieser Druck kann zu 14 bis 15 Pfund, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von 30 Zoll Höhe und einen Quadratzoll Basis, für jeden Quadratzoll Oberfläche angenommen werden. Daraus folgt, daß auf jeden Menschen in jeder Richtung ein Gewicht drückt, das so vielmal funfzehn Pfunden gleich ist, als die Oberfläche seines Körpers Quadratzolle enthält. Angenommen, daß die Oberfläche eines menschlichen Körpers 2000 Quadratzoll beträgt, so wird die Kraft der Atmosphäre, welche auf diese Oberfläche drückt, 30000 Pfunden gleich sein. Es mag allerdings in Erstaunen setzen, daß ein so ungeheurer Druck beständig wirkt, ohne daß wir ihn im mindesten fühlen. Dies ist jedoch die natürliche Folge der gleichförmigen Weise, in welcher diese Kraft nach allen Richtungen wirkt, so daß der Körper durch den Druck auf der einen Seite gegen einen gleichen auf der entgegengesetzten Seite getragen wird; erst wenn das Gleichgewicht aufgehoben wird, indem man die Kraft in der einen Richtung entfernt, wird sie fühlbar, wie in dem früher ange-

führten Experimenten wo die Hand den Druck der Atmosphäre fühlt, so wie man sie auf einen Recipienten legt, aus welchen die Luft ausgezogen wird. Auch sind alle hohlen Theile des Körpers entweder mit Luft oder mit dichteren Flüssigkeiten gefüllt, so daß sie dem Druck der äußeren Luft wie die festesten Körper widerstehen.

Eine Vorstellung von dem Gewicht der ganzen Atmosphäre, welche die Erde allenthalben umgiebt, kann man sich aus einer Berechnung bilden, welche angestellt worden ist, um zu ermitteln, wie groß der Durchmesser einer Bleikugel, deren Gewicht dem der ganzen Atmosphäre gleich käme, sein müßte. Aus dieser Berechnung ergiebt sich, daß dieser Diameter 60 (englische) Meilen (also über 15 deutsche) messen, und das Gewicht der ganzen Kugel dem Gewicht einer Wassermasse gleichkommen würde, welche groß genug wäre, um die ganze Oberfläche der Erde 34 Fuß hoch zu bedecken.

Ein interessanter Gegenstand der Spekulation ist die Frage, bis zu welcher Höhe über der Oberfläche der Erde die Atmosphäre sich erstrecke. Wäre die Dichtigkeit der atmosphärischen Säule gleichförmig, so würde ihre scheitelrechte Höhe leicht berechnet werden können; denn da das Wasser ungefähr 850 Mal schwerer ist, als die Luft in ihrer mittlern Dichtigkeit, und eine Wassersäule von 34 Fuß Höhe gleichkommt einer atmosphärischen Säule, welche dieselbe Basis mit ihr hat, so folgt, daß die Höhe einer solchen Säule von gleichförmiger Dichtigkeit 850 $\times$ 34 oder 28,900 Fuß = 5 (englische) Meilen 833 Ellen und 1 Fuß, oder fast $5\frac{1}{2}$ Meile beträgt. Allein die Dichtigkeit der Luft ist in den verschiedenen Entfernungen von der Oberfläche der Erde wegen ihrer Elasticität verschieden. Man kann die Luft als aus unzähligen Schichten bestehend, betrachten, welche eine concentrische Hülse bilden, die unsere Erde umgiebt; die unterste Schichte, auf welche die obere Gesammtmasse drückt, muß natürlicher Weise dichter sein als die nächste über ihr, und da die Dichtigkeit im Verhältnisse zur Höhe oder zur Entfernung von der Erde abnimmt, so kann der Ausdehnung der Luft keine bestimmte

Grenze nachgewiesen werden. Cotes hat die relative Dichtigkeit der Atmosphäre in verschiedenen Höhen angegeben, indem er nämlich einen Vergleich zwischen der specifischen Schwere der Luft dicht an der Oberfläche der Erde und jener, welche sich auf einer gewissen Höhe mittelst des Barometers ergab, anstellte und daraus seine Schlüsse zog. Da nun die Luft in einer Höhe von 7 (englischen) Meilen viermal dünner ist als unmittelbar an der Oberfläche der Erde, und die Dichtigkeit in einer geometrischen Progression abnimmt, während die Höhe in einer arithmetischen zunimmt, so folgt, daß in einer Höhe von 14 Meilen die Atmosphäre 16 Mal dünner ist als an der Oberfläche der Erde, in einer Höhe von 21 Meilen 64 Mal, von 28 Meilen 256 Mal, von 35 Meilen 1024 Mal, von 70 Meilen 1,000,000 Mal, und von 210 (englischen) Meilen 1,000,000,000,000 Mal, vorausgesetzt, daß die Luft einer unbegrenzten Ausdehnung fähig wäre. In eine Höhe von 500 Meilen würde daher, wenn sich die Luft in dem angegebenen Verhältnisse ausdehnte, ein Kubikzoll einen größeren Raum einnehmen, als eine Sphäre, deren Durchmesser dem des Saturns gleich wäre *). Dies ist jedoch eine rein hypothetische Annahme, da sie auf nichts beruht, als auch der vorausgesetzten unendlichen Theilbarkeit der Materie. Dr. Wollaston hat in einer Abhandlung über die Grenzen der Atmosphäre **) zu beweisen versucht, daß die Luft aus zuletzt untheilbaren Theilchen bestehe; die Ausdehnung der Luft müsse daher dort aufhören, wo die niederdrückende, auf ein einzelnes Theilchen wirkende Schwerkraft dem Widerstande gleich ist, welcher aus der elastischen Kraft der Luft entsteht. In einer solchen Höhe

*) Siehe Cote's Hydrostatical and Pneumatical Lectures. Sec edit. Cambridge, 1747, p. 124.

**) Abstracts of Papers in the Philos. Trans., vol. II. pp. 160 — 162.

wäre daher die Elasticität der Luft gleich 0, und man hätte ihr dadurch eine physische Grenze angewiesen, die sie nicht übersteigen kann.

Wenn man Berechnungen in Betreff der Dichtigkeit der Luft auf verschiedenen Höhen anstellt, oder Regeln abzieht, um das Verhältniß zwischen atmosphärischer Höhe und Druck für praktische Zwecke zu ermitteln, wie dies durch die Höhenmessungen mittelst des Barometers geschieht, so müssen verschiedene Umstände wohl in Betracht kommen. So ist es nicht bloß nothwendig, daß man die genaue Höhe der Quecksilbersäule auf verschiedenen Standpunkten kennt, sondern man muß auch auf den Einfluß der Temperatur, auf die Einwirkung der in der Luft schwebenden Dünste, wie nicht minder auf die Breite, unter welcher sich der zu messende Höhenpunkt befindet, die gebührende Rücksicht nehmen. Der unermüdliche Forschungsgeist der neueren Naturforscher und Mathematiker hat über diese Schwierigkeiten insofern triumphirt, daß sie allgemeine Grundsätze und eine Formel aufgestellt haben, durch deren Anwendung auf die Resultate genau angestellter Experimente die senkrechte Höhe der Berge in allen Theilen der Welt ermittelt worden ist. Aus Berechnungen, die auf die von dem berühmten Mathematiker Laplace erfundene barometrische Formel sich stützen, ergiebt sich, daß bei einer Höhe von 52,986 Metern französisches Maß, oder 173,795 englischen Fuß *) die Abnahme der Dichtigkeit der Luft der äußerst möglichen Verdünnung derselben in dem Recipienten einer Luftpumpe gleichkömmt. Dies kann offenbar nicht die höchste Höhe der atmosphärischen Säule sein, und es ist auch nicht möglich, diesen Punkt genau zu entscheiden. Indessen geht aus den Forschungen der Astronomen über die Dauer des Zwielichtes und die Größe des Schattens der Erde, wodurch der Mond verfinstert wird, hervor, daß die Lichtstrahlen der Sonne durch das Medium, wo-

*) Ein französischer Meter beträgt 39.37 Zoll englisches Maß, oder 3.28 Fuß.

durch sie müssen, noch bis zu einer Höhe von 41 bis 50 (englischen) Meilen über der Erdoberfläche afficirt werden, weßwegen man mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit behaupten kann, daß die Höhe der Atmosphäre über dem Spiegel des Meeres nicht viel mehr beträgt, als 45 Meilen.

Der Druck der Luft, als vereinte Wirkung ihrer Elasticität und Schwere, ist die Ursache einer Menge von Erscheinungen, die beständig um uns stattfinden, und welche von den Operationen der Natur oder Kunst abhängen. So wird dadurch z. B. die Wirkung eines Instrumentes, genannt der Sauger (sucker), womit sich in England häufig die Schulknaben ergötzen, mit Leichtigkeit erklärt. Es besteht aus einer Scheibe nassen Leders mit einer Schnur in der Mitte, und da die feuchte Oberfläche gegen die glatte Seite eines Steines so angedrückt werden kann, daß keine Luft dazwischen zu dringen vermag, so ist der Druck der äußeren Luft auf die obere Fläche des Leders hinreichend, um es an den Stein so zu befestigen, daß man diesen mittelst der Schnur in die Höhe zu ziehen im Stande ist.

So oft zwei Flächen in eine so dichte Berührung mit einander gebracht werden, daß die Luft nicht zwischen durchzudringen im Stande ist, werden sie mit einer Kraft aneinander gedrückt, die mit dem Umfang der Berührungsfläche im Verhältnisse steht. Daher kömmt es, daß Glasschleifer und Marmorpolirer, wenn die Substanzen, auf welche sie durch Friktion operiren, einen hohen Grad von Glätte erreicht haben, häufig bemerken, daß dieselben durch den atmospärischen Druck so vereint werden, daß eine beträchtliche Kraft erforderlich ist, um sie zu trennen, was ihnen mancherlei Unbequemlichkeiten verursacht.

Das Festsitzen der Schnecken, Muscheln und anderen Schalenthieren an Felsen und Steinen ist die Folge desselben Principes. Die Oberfläche ihres Gehäuses bei der Oeffnung, paßt genau auf eine glatte Fläche, und sie besitzen das Vermögen im Innern der Muschel einen leeren Raum hervorzubringen, weswegen die äußere Luft

auf sie im Verhältnisse zum Umfange ihrer Oberfläche drückt. So kommt es auch, daß eine gewöhnliche Fliege auf einer aufrecht stehenden Glasscheibe, oder auf der unteren Seite einer horizontalen Ebene, wie z. B. am Plafond eines Zimmers, mit großer Leichtigkeit laufen kann. Die Füße des Insektes sind nämlich mit Höhlungen versehen, deren Seiten auf die Oberfläche des Glases oder eines anderen Körpers passen; durch irgend einen inneren Mechanismus werden diese Cavitäten luftleer, und der Druck der Atmosphäre auf die kleine Oberfläche der Füße erhält das Insekt gegen die Macht der Schwere. Das solche kleine Insekten sich erhalten, erscheint weit weniger erstaunlich, als daß auch viel größere Thiere dasselbe Vermögen besitzen. Sir Everard Home, welcher mittelst mikroskopischer Untersuchungen den Bau der Füße der Fliegen erforscht hat, insofern dieser sie in Stand setzt, auf Wänden und Fensterscheiben hinanzulaufen, erforschte auch den anatomischen Bau der Lacerta Gheko, einer Art Eidechse, die auf der Insel Java vorkömmt, und auf den geglätteten Wänden der Javanesen hin und her kriecht, die Fliegen jagt, von denen sie sich nährt, und aufwärts zu ihrem Versteck in dem Dache läuft, obschon sie öfter $5\frac{3}{4}$ Unzen wiegt. Sie hat an jedem Fuße fünf Zehen, und auf der unteren Seite jeder derselben sechzehn Querschnitte mit gekerbten Rändern und Säcken dazwischen, mittelst welchen das Thier im Stande ist, ein Vakuum innerhalb der Höhlen hervorzubringen, welche durch das Anheften beweglicher Häute, die die untere Fläche der Zehen umgeben, an die Mauer oder eine andere glatte Fläche gebildet werden.*) Die Natur hat Thiere von weit größerem Umfange, als diese Eidechse, mit einer ähnlichen Vorrichtung und zu demselben Zwecke versehen. Sir E. Home hat die Füße eines Wallrosses untersucht, und gefunden, daß ihr Bau dem der Fliegenfüße außerordentlich ähnlich ist, so daß dieses unbehülfliche

*) Siehe Abstracts of Papers in the Philos. Trans. from 1800 to 1830, vol. II, p. 38.

Thier in Folge des Andrückens der Füße durch die Atmosphäre auf das Eis, darauf gegen die Gesetze der Schwere mit großer Leichtigkeit sich bewegen kann*). Wer nur einigermaßen mit der Naturgeschichte vertraut ist, hat von dem Fische, genannt der Sauger (Remora), gehört, welcher sich fest an die Seiten eines Schiffes oder eines größeren Fisches, wie der Hai anklebt, und so, ohne schwimmen zu müssen, von einer Gegend des Oceans in eine andere gelangt. Er hat auf dem Kopfe eine Art Saugewerkzeug, womit er sich anheftet, und der Druck der ihn umgebenden Wassermasse bringt dieselbe Wirkung hervor, wie in den oben erwähnten Fällen der Druck der Luft.

Folgende Experimente, die leicht anzustellen sind, mögen dienen, um sich von dem elastischen Druck und der Schwere der Luft zu überzeugen:

I.

Man nehme eine kleine Flasche und bohre mehrere Löcher in den Boden, dann setze man sie in ein größeres Gefäß mit Wasser, fülle sie damit, und verkorke sie wohl. Wenn man nun die Flasche aus dem Gefäße hebt, wird man finden, daß sie trotz des siebartigen Bodens Wasser hält, und zwar weil der Druck der Luft das Ausfließen hindert, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man den Kork auszieht, wo dann das Wasser, da es von oben und unten gleich gedrückt wird, durch die Löcher ausfließen wird, bis das Gefäß leer ist.

II.

Ein Weinglas voll Wasser kann mit der Oeffnung abwärts gehalten werden, ohne daß ein Tropfen ausfließt. Das Mittel, um dieses scheinbare Wunder zu bewerkstelligen, ist äußerst einfach. Man braucht nur ein Blatt Papier auf die Oberfläche des Wassers zu legen, mit dem es,

*) Siehe Abstracts of Papers in the Philos. Trans. from 1800 to 1830, vol. II, p. 213.

so wie mit dem Rand des Glases in Berührung sein muß; dann kehrt man das Glas um, und da die Luft nicht hineinkann, um auf die obere Fläche der Flüssigkeit zu wirken, wirkt ihr Druck nur auf die untere.

III.

Ein mit Wasser gefülltes Glas, dessen Fläche wie zuvor mit Papier bedeckt ist, werde mit der flachen Hand zugehalten, plötzlich umgewandt, und auf die Fläche eines glatt polirten Tisches gesetzt; dann zieht man das Papier weg, und das Wasser wird in dem Glase bleiben, welches durch den Druck der Atmosphäre fest an dem Tische klebt. Nun kann man mit voller Sicherheit mit jedem wetten, daß er das Glas nicht senkrecht erheben werde, ohne jeden Tropfen Wasser zu vergießen: denn es wird einiger Kraftanstrengung bedürfen, um es überhaupt loszumachen, und so wie es auf der einen Seite erhoben wird, muß das eingeschlossene Wasser sinken und abfließen.

In Folge des Druckes der Atmosphäre, wird die Flüssigkeit aus einem angebohrten Fasse nicht ausströmen, wenn nicht in dem oberen Theile desselben eine andere Oeffnung als Luftloch gebohrt wird; denn bevor dies nicht geschehen ist, wird die Kraft der Luft, welche gegen die Mündung des Zapfenloches drückt, wenn die Tonne anders luftdicht ist, einer Säule Flüssigkeit das Gegengewicht halten, deren Höhe mit der specifischen Schwere der Flüssigkeit im Verhältnisse steht. So wie jedoch die Luft durch das Spundloch oben hineinkann, ist kein Gegengewicht gegen den Druck unten vorhanden, und die Flüssigkeit wird in Folge ihres eigenen Gewichtes durch das Zapfenloch ablaufen. Man kann auch bei einer Theekanne mit einem Hahn die Wirkung desselben Principes beobachten, denn in dem Deckel befindet sich stets ein kleines Loch, durch welches die Luft eindringt, und ohne welches die Flüssigkeit, wenn der Deckel anders luftdicht paßt, nie durch die Oeffnung des Hahnes ablaufen würde.

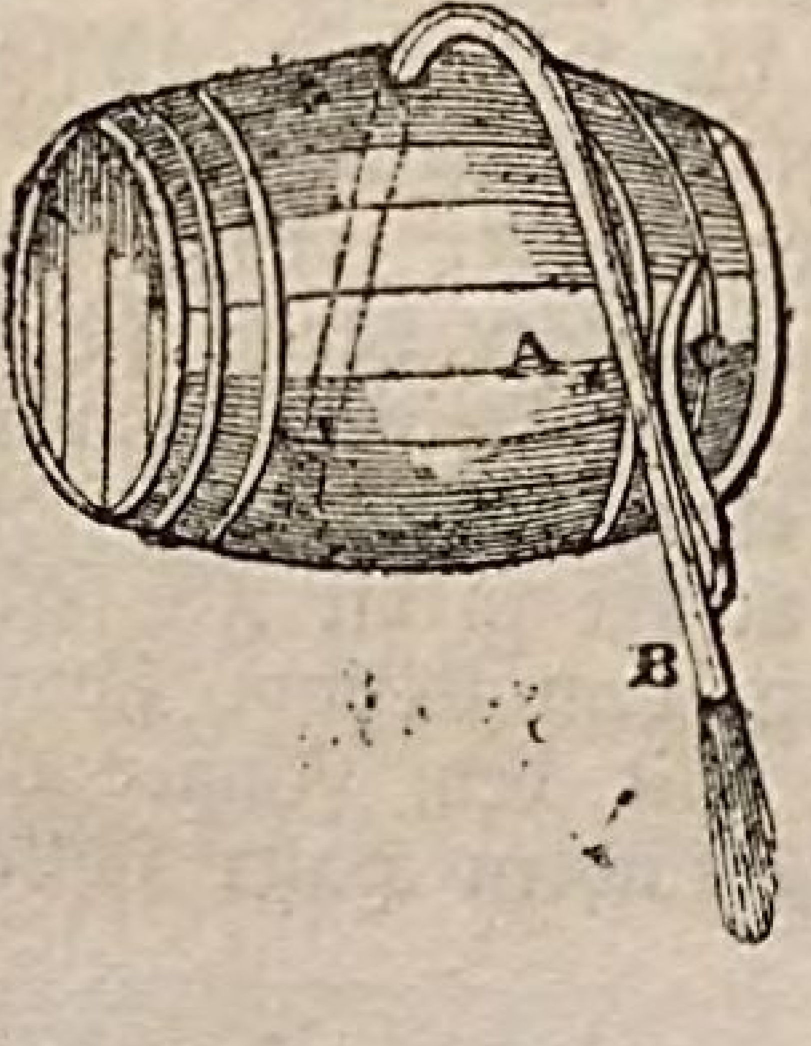
Viele häufig vorkommende Umstände können auf Rechnung des Einflusses des unregelmäßig wirkenden atmosphä-

rischen Druckes geschrieben werden. So z. B. zuweilen die Hemmung des Zuflusses des Wassers zu Brunnen und Springbrunnen in Folge des Frostes; der Frost erstreckt sich zwar nicht tief unter die Oberfläche der Erde, er härtet sie aber so, daß der Zutritt der Luft zu den Wasserkanälen, welche die Brunnen versehen, unmöglich wird, und da daher die Luft nur auf den offenen Brunnen drückt, wird dadurch das Wasser gehindert, wie gewöhnlich zuzuströmen, bis Thauwetter eintritt, die Luft wieder durch die Erde auf die Kanäle wirken kann, und dadurch bewerkstelligt, daß das Wasser in dem Brunnen wieder steigt.

Der Stechheber, (im französischen Tâte-liqueur oder Chantepleur), dessen man sich bedient, um die Essenzenflaschen zu füllen, wirkt nach dem Princip des atmosphärischen Druckes. Bau und Wirkung desselben, wird man leicht aus nebenstehender Figur ersehen, welche eine kleine konische Röhre A B vorstellt, die oben etwas weiter und an beiden Enden offen ist; wenn man sie nun in diesem Zustande in eine Flüssigkeit taucht, so wird ein Theil bei A eindringen, und den Raum A C, soweit nämlich der Trichter eingetaucht ist, füllen; verschließt man nun die obere Oeffnung mittelst des Daumens luftdicht, und hebt die Röhre aus der Flüssigkeit, so hindert der Druck der untern Luft ihr Ausströmen, bis man den Daumen wegnimmt, und die obere Luft wieder auf die Flüssigkeit C wirken läßt. Die Länge des Trichters, um damit Wasser zu heben, kann bis über 30 Fuß betragen, weil die Höhe der flüssigen Säule, welche durch die Atmosphäre getragen wird, je nach ihrer specifischen Schwere größer oder geringer sein wird. Instrumente der Art von mäßiger Länge können ganz bequem benutzt werden, um eine kleine Quantität Flüssigkeit durch das Spundloch eines Fasses zu ziehen. Auch kann man, wenn die untere Röhre in die Flüssigkeit getaucht ist, am oberen Ende mit dem Munde saugen, worauf man die Oeffnung schnell mit dem Finger oder einem eigens zu diesem Zwecke angebrachten Hahn schließt,

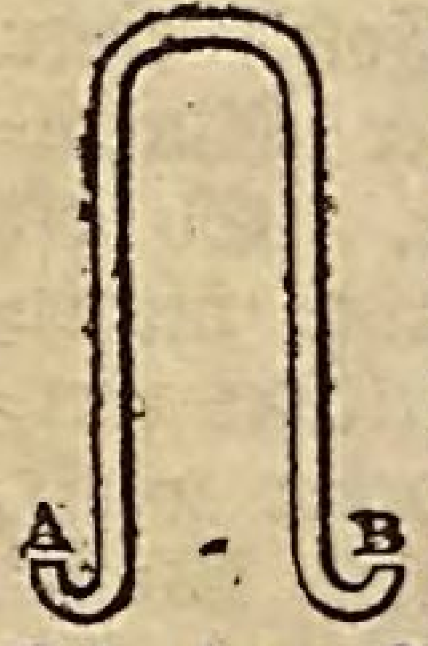
und den ganzen Apparat aus der Flüssigkeit hebt; öffnet man ihn dann von oben, so fließt der Inhalt von selbst heraus.

Der gekrümmte Heber wird angewendet, um Flüssigkeiten abzuziehen, und ist auf verschiedene Weise construirt. Wenn man eine offene Röhre von kleinem Durchmesser, die wie der Buchstabe U gekrümmt ist, mit Wasser füllt, und den gekrümmten Theil nach Oben kehrt, so kann in Folge des Luftdruckes das Wasser nicht ausfließen, so lange die Röhre so gehalten wird, daß die Flüssigkeit in jedem Arme die gleiche Höhe hat; wenn dagegen die Röhre gegen die eine Seite mehr geneigt ist als gegen die andere, so daß das Gleichgewicht zerstört wird, so muß das Wasser aus jenem Arme abfließen, wo es am niedrigsten steht. Wenn daher ein gekrümmter Heber, dessen Arme von ungleicher Länge sind, mit Wasser gefüllt, und umgekehrt wird, so muß das Wasser, da die Luft gegen die Oeffnung beider Arme gleich drückt, durch den längeren Arm in Folge seiner specifischen Schwere abfließen. Wenn aber ein solcher Heber gefüllt, und sein kürzerer Arm in Wasser getaucht wird, so wird nicht nur die in dem längeren Arm gewesene Flüssigkeit abrinnen, sondern auch das Wasser in dem kürzeren Arm steigen, und aus dem andern in einem ununterbrochenen Strom abfließen, bis es unter das offene Ende des kürzeren Armes sinkt. Wenn der Heber gebraucht werden soll, ohne daß er vorher mit der abzuziehenden Flüssigkeit gefüllt worden ist, so wird diese zwar in dem



eingetauchten kürzeren Arme steigen, aber nicht über ihr Niveau, und daher auch nicht eher durch den längeren abfließen, als bis die Luft aus demselben gezogen wurde. Hieraus ergiebt sich die Nützlichkeit des in der nebenstehenden Figur abgebildeten Hebers, dessen Eigenthümlichkeit in der Hinzufügung der Röhre B besteht, welche am oberen Ende offen ist, und unten mit dem

längeren Arm des Hebers B communicirt. Dann wird der kürzere Arm A in das Spundloch eines Fasses, oder in ein anderes Gefäß mit einer Flüssigkeit gesteckt; hierauf hält man die Oeffnung B mit der Hand oder sonst zu, saugt bei C bis der Heber sich gefüllt hat, und öffnet B, worauf die Flüssigkeit so lange entströmen wird, als der kürzere Arm in sie eingetaucht ist.



Der sogenannte Würtembergische Heber, welchen die nebenstehende Figur zeigt, wird, wenn er einmal mit Flüssigkeit gefüllt ist, gefüllt bleiben, und kann in diesem Zustande zum beliebigen Gebrauche aufgehangen werden. Wenn der Arm A in das Gefäß getaucht wird, aus welchem die Flüssigkeit gezogen werden soll, so wird sie, in Folge des hinzukommenden Druckes der Flüssigkeit bei A aus der Oeffnung B strömen, und wenn daher auch dieser Heber im Bau verschieden ist von den anderen Gattungen, dient er doch zu denselben Zwecken.

Der Tantalus-Becher, oder Zauberbecher ist ein unterhaltendes Spielzeug, und besteht aus einem Becher, mit einem hohlen Raum an den Seiten oder auf dem Boden, mit welchem der kürzere Arm eines Hebers communicirt. Wird nun Wasser in den Becher bis zu der Höhe gegossen, daß es den Druck der Luft auf das in den hohlen Raum sich mündende Ende überwältigt, so wird es im Becher sinken und jenen füllen, so daß es nie bis zur Mündung der Figur steigen kann, welche den Heber verbirgt, mithin die classische Fabel vom Tantalus Verwirklichung erhält.

Intermittirende oder periodische Springbrunnen kommen hie und da vor, und wurden in den finstern Zeiten des Aberglaubens, wo man sich deren Ursachen nicht zu erklären wußte, als Mirakel betrachtet. Ein merkwürdiger Brunnen der Art, Namens Laywell, befindet sich in der Nähe von Torbay in Devonshire, und sowohl seine als aller intermittirenden Brunnen Eigenthümlichkeit läßt sich,

aus der Wirksamkeit von natürlichen Hebern erklären, welche mit unterirdischen Wasserbehältern in Verbindung stehen *).

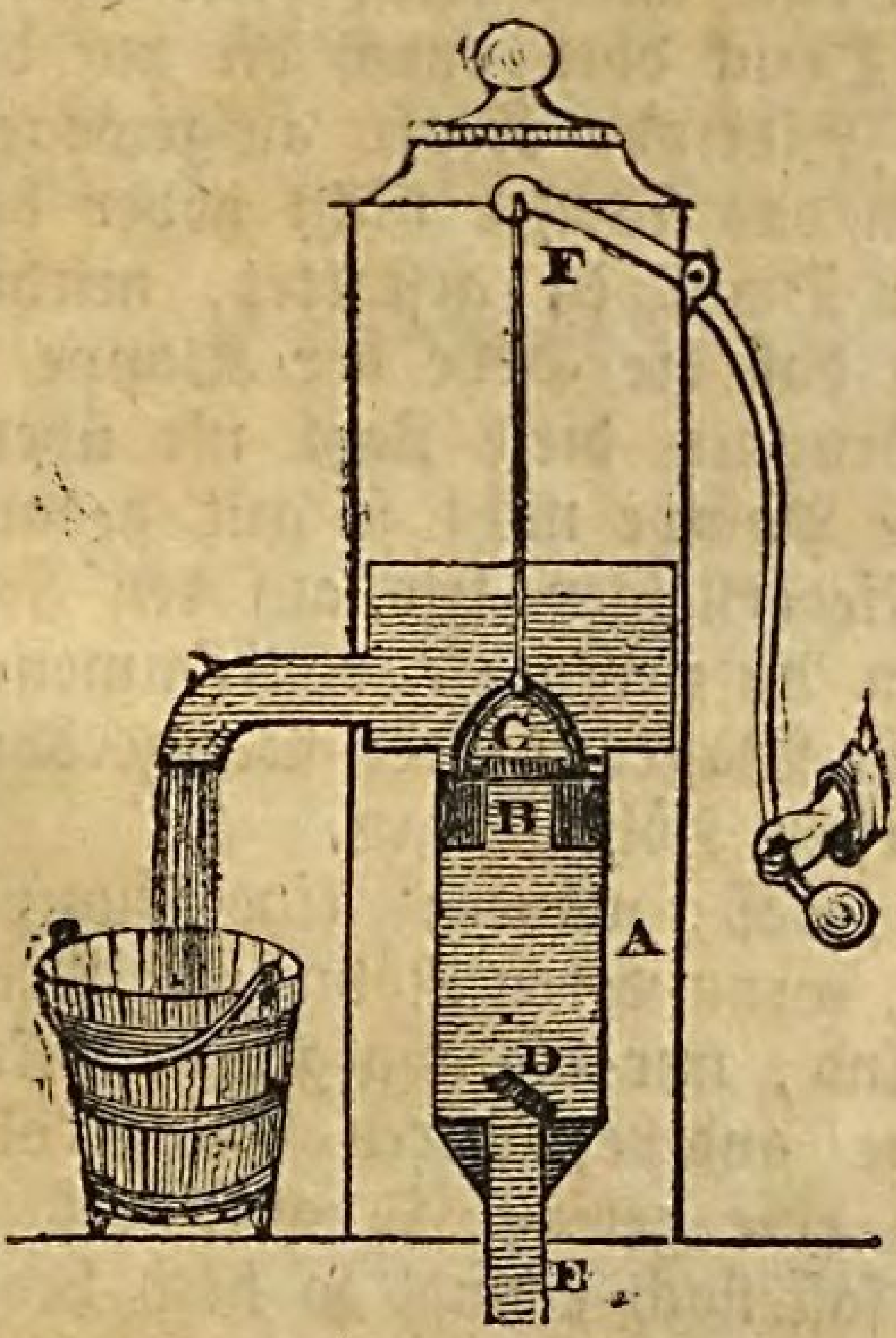
Der Heber kann angewendet werden, um Wasser über das Ufer eines Teiches oder Wasserbehälters in einen andern zu schaffen, nur muß letzterer in derselben oder einer niedrigeren Ebene liegen. So wurde der Heber durch den französischen Ingenieur Garipuy im Jahre 1776 benutzt, um das überflüssige Wasser aus dem Kanal von Languedoc wegzubringen, so oft dasselbe in Folge einer Wasserzunahme in der Garonne während einer Sturmfluth das gewöhnliche Niveau überstiegen hatte. So oft Wasser durch Röhren aus einer höheren in eine niedrigere Ebene, oder über eine Zwischenerhöhung geleitet werden soll, muß das Princip, nach welchem der Heber wirkt, in Anwendung kommen, und man kann dadurch Wasser über eine Höhe schaffen, die nicht viel mehr als dreißig Fuß beträgt. So wird es von Lochend nach Leith in der Nähe von Edinburg durch Röhren geleitet, obschon der Zwischengrund 8 bis 10 Fuß über die Quelle erhaben ist. Das Wasser muß zuerst durch den höchsten Theil der Röhre mittelst einer Druckpumpe getrieben werden, nachher fährt es in Folge des atmosphärischen Druckes zu fließen fort. Da aber die Luft stets mit dem fließenden Wasser nur lose verbunden ist, wird sie sich am Ende an der Krümmung oder dem höchsten Theile der Röhre so anhäufen, daß es den Lauf des Wassers hemmt. Wenn dies geschieht, muß die Druckpumpe abermals wirken, um den Lauf zu erneuern.

Aus dem, was in Betreff des Hebers gesagt worden ist, geht hervor, daß er nur angewendet werden kann, um die

---

*) In Bezug auf den Brunnen Laywell, siehe Philos. Trans. Nro. 424; ferner Nro. 189, 192, 384 und 119. Auch findet man im Nicholson's Journal of Natural Philosophy eine interessante Abhandlung über den intermittirenden Brunnen bei Giggleswick in Yorkshire.

Flüssigkeiten aus einer höheren in eine niedrigere Ebene zu schaffen; wenn daher Wasser oder eine andere Flüssigkeit mittelst des pneumatischen Druckes erhoben werden soll, ist die Anwendung irgend einer Art von Pumpe unerläßlich. Die gewöhnliche Saugepumpe soll von Ctesibius, oder Ctesebes, einem Mathematiker aus Athen, der um die Mitte des zweiten Jahrhundertes vor der christlichen Zeitrechnung zu Alexandrien lebte, erfunden worden sein, und der Bau von Pumpen, Feuerspritzen, und anderen Maschinen, die nach demselben Principe wirken, wurde von seinem Schüler Hero in einer Abhandlung über die Pneumatik beschrieben.

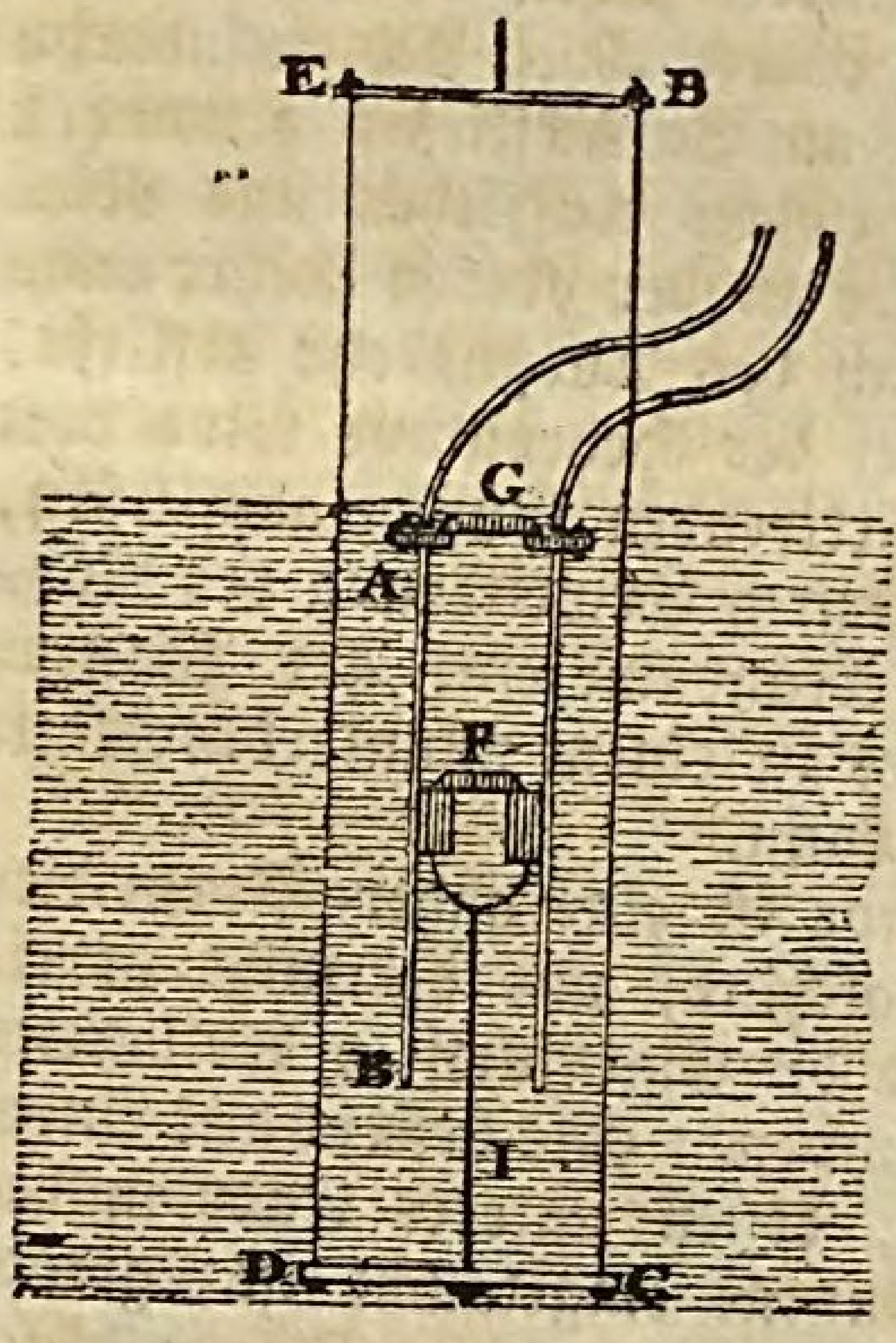


Die Saugepumpe, welche die nebenstehende Zeichnung darstellt, besteht aus zwei hohlen, cylindrischen Röhren A und E, wovon die letztere gewöhnlich in eine durchlöcherte Kugel endet, durch welche das Wasser aus dem Brunnen in die Saugeröhre tritt, an deren oberen Ende bei D sich eine nach aufwärts öffnende Klappe befindet, welche, wenn sie offen ist, eine Kommunikation mit der oberen Röhre A darbietet. In dieser Röhre, welche den Pumpenstock bildet, bewegt sich der Kolben B luftdicht und senkrecht, und da sich dessen Klappe oder Ventil gleichfalls nach oben öffnet, steigt das Wasser aufwärts und fließt durch die Ausgußröhre ab. Gesetzt der Kolben befinde sich am Fuße des Cylinders in Berührung mit dem Ventil D, so wird, wenn man den Kolben durch Niederdrücken des Hebels, welcher bei F mit der Kolbenstange in Verbindung steht, hebt, das Ventil C sich in Folge des Druckes der oberen Luft auf dasselbe, schließen, und dadurch ein Vakuum in dem Cylinder gebildet werden; derselbe

Druck auf die Oberfläche des Wassers im Brunnen wird es in der Saugeröhre empor und durch das sich öffnende Ventil D in den Pumpenstock treiben; durch Niederdrücken des Kolbens schließt sich das untere Ventil D, das obere B öffnet sich, das Wasser dringt durch, und fließt durch das Ausgußrohr ab. Die erste Wirkung des Aufziehens des Kolbens ist, daß sich in dem Pumpenstocke und dem oberen Theile der Röhre E ein theilweises Vakuum bildet, und erst, wenn die ganze eingeschlossene Luft durch das Kolbenventil ausgetrieben, und durch Wasser in den Röhren ersetzt worden ist, kann es auszufließen anfangen, da dann erst der atmosphärische Druck unten seine volle Kraft äußert, während der gleiche Druck oben durch die auf die Handhabe der Pumpenstange wirkende Kraft aufgewogen wird. Die Saugepumpe kann das Wasser nicht höher heben, als der atmosphärische Druck es gestattet, mithin höchstens bis zu 34 Fuß, so daß die Höhe der Klappe D über der Wasserfläche im Brunnen diese Zahl nie überschreiten darf; und wenn die Pumpe nicht so gut gebaut ist, daß der Kolben beim Niedersteigen fest auf den Fuß der Röhre paßt und durch sein Aufziehen ein vollkommenes Vakuum bildet, so wird das Wasser in der Saugeröhre nie bis zur angegebenen äußersten Höhe steigen.

Es mag parador scheinen, daß, während eine Pumpe, die sehr gut gebaut ist, d. h., wenn deren Röhre und Ventile vollkommen wasserdicht sind, nur die angegebene Wirkung hervorbringt, doch eine andere, deren Saugerohr etwas beschädigt ist, so daß eine geringe Quantität Luft eindringen kann, das Wasser fast noch einmal so hoch hebt, als eine völlig dichte Pumpe. Ein Zinngießer zu Sevilla, welcher mit den Grundsätzen der Wissenschaft unbekannt war, ließ nämlich eine Saugepumpe bauen, die das Wasser aus einem sechzig Fuß tiefen Brunnen heben sollte. Als die Maschine fertig war, fand er natürlich und zwar zu seinem größten Verdrusse, daß gar kein Wasser floß, worauf er in seinem Aerger, während Jemand pumpte, mit einem Hammer oder einer Axt an die Saugeröhre schlug, so daß sie etwas barst; und siehe da, sogleich begann zu

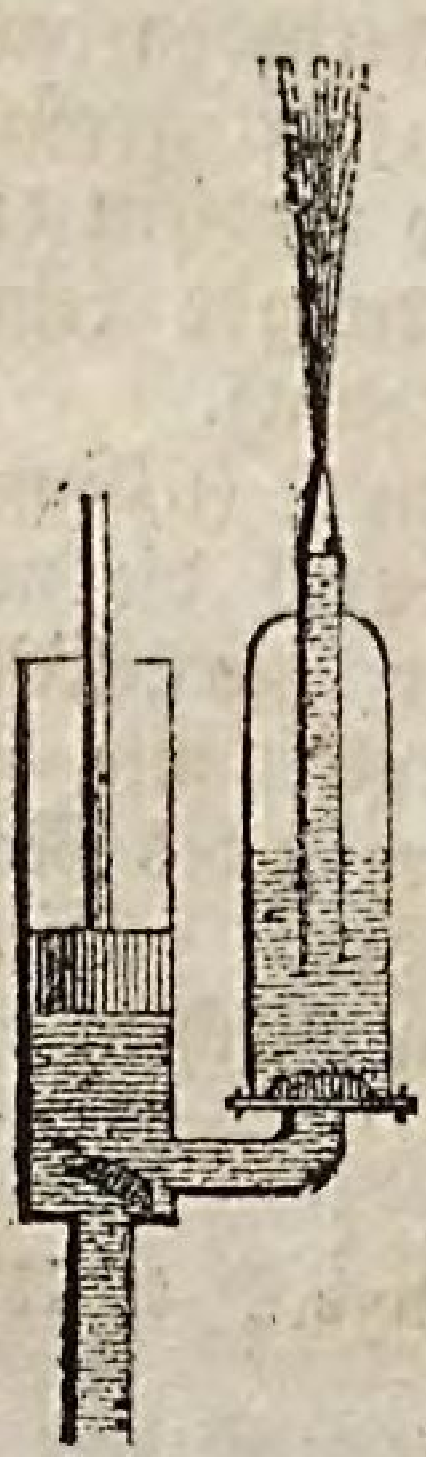
seinem freudigen Erstaunen das Wasser zu fließen. Dies geschah im Jahre 1766, und da der berühmte französische Wundarzt Lecat, der damals zu Rouen in der Normandie lebte, davon hörte, machte er ein ähnliches Experiment in seinem Garten, indem er in die Saugeröhre ungefähr 10 Fuß über dem Wasserstande im Brunnen ein kleines Loch bohrte, und es mit einem Hahn versah; drehte er den Hahn auf, so stieg das Wasser in der Pumpe bis zu 55 Fuß empor, ließ er ihn aber geschlossen, nur bis zu 30 bis 32 Fuß. Dies ist gerade so zu erklären, wie die Erscheinung, daß der Wasserstrahl eines Springbrunnens höher steigt, wenn Luft mit ihm gemischt ist *). Bei der Pumpe tritt nämlich die Luft durch den Querschnitt oder das kleine Loch in die Saugeröhre, mischt sich mit dem aufsteigenden Wasser, und bringt dadurch ein zusammengesetztes Fluidum hervor, welches leichter ist als Wasser allein, wo dann natürlich der Druck der Atmosphäre eine größere Wirkung hervorbringt, und es höher hebt, als wenn keine Luft damit verbunden ist. Da man indessen andere und wirksamere Methoden hat, um Wasser zu einer großen Höhe zu heben, so verdient die eben erwähnte Methode keine sonderliche Empfehlung.



Die Hebepumpe (lifting-pump), welche durch die nebenstehende Figur dargestellt wird, wirkt ziemlich wie die Saugepumpe, nur ist die Maschienerie umgekehrt. Diese Pumpe besteht aus dem hohlen Cylinder A B, in welchem die

*) Siehe Sigaud de la Fond Elém. de Phys., t. III. pp. 238, 239.

Klappe G angebracht ist, etwas unter dem Niveau des Wassers im Brunnen oder Reservoir. Der Kolben F mit einer Klappe, die sich aufwärts öffnet, paßt in das untere Ende des Cylinders, in welchem er mittelst der Vorrichtung BCDE, die mit der Kolbenstange I verbunden ist, auf und nieder bewegt wird. Befindet sich nun der Kolben am Fuße des Cylinders, so wird der Druck der Luft auf die Oberfläche des Wassers im Brunnen die Kolbenklappe öffnen, und das Wasser wird im Cylinder (Pumpenstock) zur selben Höhe steigen, wie außen; wenn man dann den Kolben aufzieht, wird sich seine Klappe schließen, und das Wasser durch die Oeffnung der Klappe G in den oberen Theil der Röhre getrieben; wird nun der Kolben abermals niedergestoßen, so öffnet sich die Klappe F wieder um noch mehr Wasser in den unteren Theil der Röhre zuzulassen, während das in ihrem oberen Theil sich befindliche durch Schließung der Klappe G am Zurückfließen gehindert wird; und so muß durch fortgesetztes Aufziehen und Niederstoßen des Kolbens das Wasser in der oberen Röhre endlich so hoch steigen, daß es durch das Ausgußrohr abfließt. Sowohl bei der Sauge= als bei der Hebepumpe wird das Wasser in intermittirenden Güssen ausfließen, außer man bildet durch Erweiterung des Rohres nahe an der Mündung eine Art Wasserbehälter, so daß es in einem ununterbrochenen Strom enteilen kann.



Die Druckpumpe ist eine andere Form dieser nützlichen Maschine, und vereinigt in einem hohen Grade die Eigenschaften der bereits beschriebenen Pumpen. Sie besteht aus einem hohlen Cylinder, dessen unteres Ende in das Wasser des Brunnens eingetaucht ist; gerade über der Klappe in dem oberen Theile dieses Cylinders geht eine Seitenröhre ab, welche in einer geringen Entfernung von ihrem Ursprunge gleichfalls mit einer Klappe versehen ist; beide Klappen öffnen sich nach oben, und in dem oberen Theil des Cylinders oder Pum=

penstockes befindet sich ein luftdicht eingepaßter Kolben. Wird nun der Kolben bis zur unteren Klappe niedergedrückt, und dann emporgezogen, so öffnet sich diese Klappe, während die der Seitenröhre geschlossen bleibt, und der Druck der Atmosphäre auf das Wasser im Brunnen es etwas hebt und einen Theil der Luft durch die erste Klappe austreibt; bei jedem Aufziehen des Kolbens wird daher die Luft in dem unteren Theil des Cylinders vermindert, bis gar keine mehr darin befindlich ist, folglich daß Wasser beim nächsten Aufziehen des Kolbens durch die erste Klappe eindringt; wird nun der Kolben wieder niedergestoßen, so wird das Wasser, welches, da sich die Klappe schließt, nicht zurückfließen kann, in die Seitenröhre, durch deren Klappe getrieben, und da es durch Schließung derselben gehindert wird, zurückzutreten, muß es bei jedem Niederstoß des Kolbens steigen, und kann so zu jeder beliebigen Höhe erhoben werden. Auch bei dieser Art von Pumpe wird das Wasser intermittirend abfließen, außer es ist über der Ausgußröhre ein Wasserbehälter angebracht, der durch hydrostatischen Druck wirkt; noch besser kann dieser Zweck erreicht werden, wenn man die zweite Röhre schließt, so daß ein Theil condensirter Luft auf die Fläche des Wassers drückt, nachdem die Klappe sich wieder geschlossen hat, und wenn man ferner eine in diese Kammer luftdicht eingepaßte, kleinere Röhre so anbringt, daß das untere Ende in das Wasser getaucht ist, wo es dann in Folge des Druckes der eingeschlossenen Luft als ein Strahl emporschießen, oder als ein regelmäßiger Strom abfließen wird, je nachdem die Mündung der eingepaßten Röhre beschaffen ist.

Die Feuerspritze ist eine Modifikation der Druckpumpe, und besteht wesentlich aus zwei mit Stempeln und Klappen versehenen Cylindern, wodurch Wasser aus dem Behälter geschöpft, und in eine starke Luftkammer getrieben wird, die mit einem Rohr versehen ist, dessen unterer Theil unter der Oberfläche des Wassers sich befindet, das dann mittelst des Druckes der verdichteten Luft ausgespritzt wird. Das letzterwähnte Rohr, meistens

aus Leder, muß beweglich sein können, um das Wasser hinzuleiten, wo es Noth thut.

Aerostatik.

Schon in der Hydrostatik ist gezeigt worden, daß Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit, wenn sie in Berührung kommen, ihren Platz je nach ihrem relativen Gewichte einnehmen, daß mithin die schwerste stets zum Boden des Gefäßes sinken muß, und die leichtere eine Höhe einnehmen wird, die mit ihrer Schwere oder Dichtigkeit im Verhältnisse steht. Feste Körper, die in flüssige Substanzen getaucht werden, sinken entweder unter, oder schweben und schwimmen, je nachdem sie specifisch schwerer oder leichter sind, als das Medium, in welchem sie sich befinden. Wenn über ein zum Theil mit Quecksilber gefülltes Gefäß Wasser gegossen, und ein Stück Eisen hineingeworfen wird, so fällt das feste Metall durch die obere Schichte des Fluidums, und bleibt auf der unteren liegen, weil es specifisch leichter ist als Quecksilber. Eine ähnliche Wirkung findet bei Gasen von verschiedener Dichtigkeit statt. Wenn eine Quantität fixe Luft in ein großes Glas gelassen wird, so daß es dasselbe zur Hälfte füllt, so wird die obere Hälfte von der atmosphärischen Luft, weil sie leichter ist, eingenommen werden; und alle Körper von einer Dichtigkeit zwischen diesen beiden Luftarten, wie z. B. Seifenblasen, werden durch die obere Gasschichte sinken, und auf der unteren schwimmen, wie Kork auf dem Wasser.

Eine große Anzahl von Substanzen verschiedener Art schweben in der Atmosphäre in keiner beträchtlichen Entfernung von der Erde, von denen einige in Folge ihrer außerordentlichen Kleinheit zu jener Klasse von Körpern gehören, welche Shakspeare »die Stäubchen, welche die Sonnenstrahlen bevölkern« genannt hat. Diese schwebenden Körperchen scheinen der Zahl nach im Verhältnisse zur

Wärme der Luft zu stehen, sind daher im Winter bei weitem weniger häufig als im Sommer.

»Wir kennen (heißt es in Beudant's Traité Elém. de Physique, pp. 334, 335) die eigentliche Natur dieses feinen Pulvers nicht. Vielleicht ist es eine Mischung von außerordentlich getheilter, träger Materie mit den äußerst kleinen Keimen verschiedener Arten organisirter Körper, z. B. den Eiern von Insekten, Saamen von Pflanzen, und dem befruchtenden Staub der Staubfäden der Blumen. Es ist eine durch die Beobachtungen der Naturforscher erwiesene Thatsache, daß unter verschiedenen Umständen Thierchen und sehr kleine Pflanzen verschiedener Arten sich entwickeln, ohne daß es möglich ist, zu gewahren, woher die Keime dazu gekommen sind. Auch ist gewiß, daß Blüthen die nur Pistille haben (weibliche Blüthen, wie die der Dattelpalme) befruchtet werden und Früchte tragen, obschon die (männlichen) Blüthen, die mit Staubfäden versehen sind, von ihnen durch beträchtliche Entfernungen, ja selbst durch das Meer getrennt sind. Alle diese Beobachtungen bestätigen die Vermuthung, daß diese Keime und befruchtenden Pulver durch die Atmosphäre verbreitet werden. So sieht man wirklich die mit Flügeln versehenen Sämereien häufig in der Luft schweben, wie z. B. die der Ulme, welche der Wind fortführt. Was die befruchtenden Pulver betrifft, so bedeckt in Fichten- und Tannenwäldern zur Zeit der Blüthe den Boden ein äußerst feiner und leichter Staub, welcher durch die Winde in erstaunlichen Massen in die Luft emporgehoben und in ferne Gegenden geführt wird, wo er häufig für einen Schwefelregen gehalten ward. So schwebt auch während der Zeit der Waizenblüthe der befruchtende Blumenstaub über den Feldern häufig wie ein Nebel.«

Die Luftschifffahrt, oder Aëronautik, hängt von der Anwendung des Principes der specifischen Schwere auf die Wirkung fester Körper auf Gase ab. Nach der Erfindung der Luftpumpe, wodurch die Eigenschaften der Luft nachgewiesen wurden, war es ein Lieblingsthema der Leute von Fach, eine Maschine zu ersinnen, mittelst welcher man die

Räume der Luft durchschiffen könnte. Der Bischof Wilkins, ein ausgezeichneter Mathematiker und eines der ersten Mitglieder der königlichen Gesellschaft von London, war so fest von Verwirklichung dieser Aufgabe überzeugt, daß er sagte, es würde eine Zeit kommen, wo ein Mensch, der sich auf eine Reise begiebt, eben so seine Flügel umnehmen, als bisher seine Stiefel anziehen, würde. Der Jesuit Franz Lana schlug vor, an einem Wagen vier Kugeln von Kupfer, woraus die Luft gezogen worden, anzubringen, und glaubte, daß man sich durch diese Vorrichtung in die Luft werde erheben können. Inzwischen scheint es, daß die Ausführung nicht versucht wurde, wie sie denn auch nothwendiger Weise hätte mißlingen müssen, denn weder Kugeln von Kupfer noch von irgend einer Substanz können zur erforderlichen Dünnheit ausgearbeitet werden, um in der Luft zu schweben, und zugleich dem Druck der Atmosphäre zu widerstehen.

Ein Jahrhundert nach Veröffentlichung dieses unausführbaren Planes wurde von dem berühmten Cavendish um das Jahr 1766 das Hydrogen, oder die brennbare Luft erfunden, und da ihre Dichtigkeit beträchtlich geringer ist, als die der atmosphärischen Luft, lebten die Hoffnungen der Männer von Fach in Bezug auf die Luftschifffahrt wieder auf. Dr. Black von Edinburg machte bald die Entdeckung, daß eine mit Hydrogen gefüllte Blase zur Decke des Zimmers emporstieg und schwebend blieb, bis sie wieder heruntergenommen wurde, über welchen Gegenstand der Portugiese Cavallo, der zu London lebte, und Mitglied der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften war, mehrere Jahre später genauere Forschungen anstellte. Der Luftballon selbst wurde jedoch in Frankreich erfunden. Die zwei Brüder Joseph und Stephan Montgolfier verfertigten einen großen Sack von feiner Seide zu Annonay, und bewirkten sein Aufsteigen, zuerst in einem Zimmer, dann im Freien, indem sie die Luft darin durch Verbrennung von Papier erhitzten. Nach mehreren vorläufigen Versuchen wurde zu Paris ein Ballon verfertigt, der aus einem länglich-run-

dem Sacke von 74 Fuß Länge und 48 Fuß Breite bestand, und unten eine Oeffnung hatte, neben welcher ein Rost von Eisen hing, um Stroh und Späne zu verbrennen, nebst einer Art Boot, um die Reisenden aufzunehmen, und in dieser Maschine wurde der erste Aufflug durch Pilatre de Rozier, Aufseher des königlichen Museums, im Oktober 1783 gewagt. Andere Versuche mit Ballons, welche mit brennbarer Luft gefüllt waren, folgte nach Inzwischen war diese Art von Luftschifffahrt mit der größten Unbequemlichkeit und Unvollkommenheit verbunden, weswegen die Füllung mit Hydrogen erwünschter war, nur daß diese große Kosten verursachte. Diesem wurde jedoch durch eine öffentliche Subscription abgeholfen, und am 1. December 1783 stiegen Charles, Professor der Naturwissenschaft zu Paris, und ein Herr Robert aus dem Garten der Tuilerien in einem mit Hydrogen oder brennbarer Luft gefülltem Ballon auf. Der Erfolg dieses Unternehmens bewies die Vorzüglichkeit dieser Art von Füllung, welche dann auch sowohl in Frankreich als in anderen Ländern angenommen wurde. Der Italiener Lunardi war der erste, der in England in einem Luftballon aufstieg, und unter den Luftschiffern, welche sich später durch Kühnheit, oder wissenschaftliche Forschungen auszeichneten, verdienen genannt zu werden: Blanchard, Garnerin, Zambeccari, Dr. Jeffries, W. Windham Sadler, und Gay Lussac. Der Letztgenannte stieg zu Paris im Jahre 1804 auf, und war mit Instrumenten versehen, um meteorologische Beobachtungen anzustellen; aus dem Stande des Quecksilbers in seinem Barometer berechnete er, daß er sich bis zu 23,000 Fuß über das Niveau von Paris erhoben hatte, was die größte Höhe zu sein scheint, die bis jetzt ein Mensch mittelst des Luftballons erreicht hat. Mehrere Aëronauten waren jedoch bei ihren kühnen Unternehmungen unglücklich und verloren das Leben, namentlich: Pilatre de Rozier, welcher nach mehreren glücklichen Fahrten, nebst seinem Gefährten Romain um das Leben kam, weil der Ballon, in welchem sie im Juni 1785 über den Kanal

zwischen Frankreich und England fliegen wollten, Feuer fing; Madame Blanchard, die Gattin des oben genannten L·ftschiffers; W. W. Sadler, welcher, nachdem er mehrere Luftreisen glücklich überstanden hatte, bei seiner letzten, wo er über den Kanal zwischen Irland und England geflogen war, getödtet wurde, indem der Kahn des Ballons, als er nur noch vierzig Ellen vom Boden entfernt war, gegen einen Schornstein stieß, so daß er herausstürzte. Trotz dieser und anderer Unglücksfälle haben sich doch Luftfahrten so häufig wiederholt, daß die meisten Leser eine oder die andere gesehen haben werden; obschon man jedoch verschiedene Vorrichtungen ersann, gelang doch keine, um durch sie den Ballon gehörig zu leiten, weswegen das Aufsteigen in ihm noch jetzt nicht viel mehr ist als ein bloßes Schaustück.

Der Luftballon ist ein leichter Sack von feiner Seide, von runder oder elliptischer Form, und luftdicht gemacht durch einen Firniß von Gummi Elastikum, das in Terpentingeist aufgelöst worden ist. Nachdem er so zubereitet worden ist, muß er durch ein elastisches Fluidum, welches leichter ist als die atmosphärische Luft, aufgeblasen werden; dadurch erhält er eine Aufsteigekraft, welche dem Unterschiede zwischen seinem Gewichte, mit Einschluß des Schiffchens und was sich darin befindet, und dem Gewichte des Volumens der atmosphärischen Luft, das er verdrängt, gleichkömmt. Gesetzt der Diameter des seidenen Globus sei 20, sein Umkreis gegen 63 Fuß, seine Oberfläche 1257 Quadratfuß und sein Inhalt 4190 Kubikfuß; wenn er nun mit Gas gefüllt wird, das nur $\frac{1}{4}$ der specifischen Schwere der gewöhnlichen atmosphärischen Luft besitzt, so wird, das Gewicht eines Kubikfußes der letzteren zu $1\frac{1}{2}$ Unzen, und das eines Quadratfußes Tafft oder dünner Seide zu einer Unze angenommen, sein:

		Unzen
Das Gewicht der verdrängten atmosphärischen Luft		6285
Das Gewicht des Gases im Ballon	. . . . .	$1571\frac{1}{4}$
Das Gewicht des Tafft	. . . .	1257
		$2828\frac{1}{4}$
		$3456\frac{1}{4}$

Der aufgeblasene Ballon wird daher um $3456\frac{1}{4}$ Unzen oder 216 Pfunde leichter sein als ein gleiches Volumen atmosphärischer Luft; wenn daher das Schiffchen mit seinem Inhalt 200 Pfund wiegt, so bleibt dem Ballon noch immer eine Aufsteigekraft von 16 Pfund. Wenn jedoch der Ballon mit reinem Hydrogengas, das nur $\frac{1}{13}$ der specifischen Schwere der atmosphärischen Luft hat, gefüllt wird, muß seine Aufsteigekraft offenbar sehr zunehmen. Die Aeronauten pflegten gewöhnlich die brennbare Luft durch Auflösung von Stücken Eisen oder Zink in Schwefelsäure hervorzubringen; dies war eine langsame und mit vielen Unbequemlichkeiten verbundene Procedur, welche überdies nie ein Gas von der oben angegebenen specifischen Schwere hervorbrachte. Der Luftschiffer Green, welcher über hundert Luftfahrten gemacht hat, gerieth daher auf den Einfall, es mit Kohlengas statt mit Hydrogen zu versuchen. Er fand, daß ein Ballon von 3 Fuß im Diameter, welcher mit Kohlengas gefüllt wurde, eine Aufsteigekraft von 11 Unzen hatte; mit Hydrogen aber nach der gewöhnlichen Methode gefüllt, betrug die Kraft des Ballons nur 15 Unzen. Green benutzte daher bei seinen Luftfahrten in der Nähe von London das Gas der Kohlengas-Gesellschaften.

In Folge der Unglücksfälle, welche mehreren Luftschiffern zugestoßen waren, gerieth man auf den Gedanken, ob es nicht möglich wäre, eine Vorrichtung zu ersinnen, mittelst welcher man sich im Nothfalle ohne den Ballon niederlassen könnte. Die ersten Versuche zu diesem Behufe wurden von Lenormand in den achtziger Jahren des vorigen

Jahrhundertes angestellt, und nachher baute Blanchard eine Maschine, welche einem ausgespannten Regenschirm glich, und die er Fallschirm (Parachute) nannte, und sie, mit einem Hunde in dem daran hangenden Korbe, aus einer Höhe von 6000 Fuß fallen ließ. Ein Wirbelwind hinderte den Schirm am Sinken, und trieb ihn in die Wolken, bald näherte er sich jedoch wieder dem Ballon und der Hund erkannte seinen Herrn, und legte seine Angst durch Heulen und Bellen an den Tag; ein anderer Windstoß führte ihn dann fort, und Schirm und Hund kamen glücklich zur Erde, jedoch später als der Ballon. Garnerin ließ sich mittelst eines Fallschirms von 25 Fuß im Durchmesser mehrere Mal zur Erde nieder, und zwar einmal aus einer Höhe von 8000 Fuß.

Man hat es zu verschiedenen Zeiten versucht, Flügel zu verfertigen, mittelst welchen man durch die Luft fliegen könnte, allein nie mit Glück. Der berühmte Geschichtschreiber Wilhelm, von Malmesbury erzählt, daß im 11. Jahrhunderte ein Mönch eines Klosters in der Nähe von Malmesbury, Namens Elmer oder Oliver, ein in der Mathematik nicht unerfahrner Mann, sich an Hände und Füße Flügel band, einen hohen Thurm bestieg, und zu fliegen versuchte. Er wurde durch die Luft ungefähr ⅛ englische Meile getragen, stürzte aber dann, entweder in Folge der Heftigkeit des Windes, oder weil er die Maschine nicht recht handhabte, zur Erde, und brach beide Beine *).

Der berühmte Roger Baco, welcher gegen das Ende des 13. Jahrhundertes starb, behauptete ausdrücklich die Möglichkeit Maschinen zu erfinden, in welchen ein Mensch sitzen und mittelst Flügel durch die Luft fliegen werde können, wie ein Vogel **). Im funfzehnten Jahrhunderte erregte Johann Baptist Dante, ein Mathematiker von Peru-

*) Gul. Malmesbury, de gestis regum anglorum, lib II, cap. 13.

**) „Possunt etiam fieri instrumenta volandi, ut homo, sedens in medio instrumenti, revolvens aliquod ingenium,

gia in Italien durch seine aeronautischen Experimente großes Aufsehen bei seinen Zeitgenossen. Seine Laufbahn war jedoch nicht glücklich, denn nachdem er, wie es heißt, mehrmals über den trasymenischen See geflogen sein soll, flog er von einem hohen Punkte in seiner Vaterstadt ab, fiel aber, weil seine Maschine in Unordnung gerieth, auf ein Kirchendach, und brach die Hüfte. Das Journal des Sçavans vom 12. December 1678 enthält die Beschreibung einer Flugmaschine, die von einem Schlosser zu Sablé in der Grafschaft Maine in Frankreich erfunden worden war, und mittelst welcher der Erfinder von dem zweiten Stockwerk eines Hauses niederflog, auch über einen Fluß von einer Anhöhe aus fliegen zu können vermeinte. Die letzten Versuche des Fliegens stellte der bekannte Uhrmacher Degen in Wien an, sie führten aber zu keinem erheblichen Resultate.

Das Aufsteigen der Steigraketen ist eine interessante, das Nachdenken weckende Erscheinung, welche von den Männern von Fach auf verschiedene Weise erklärt wurde. Die Rackete besteht aus einer walzenförmigen Hülse oder Patrone von dickem Papier, welche mit einer Mischung von Schießpulver, Kohle, Eisenfeile, und anderen brennbaren Materialien gefüllt ist; mit einem Kopf, welcher technisch der Topf (pot) heißt am oberen Ende, und einem leichten Stabe, um welchen die Rackete lateral befestigt ist. Ihr Flug hängt wie der aller anderen Projektilen von der plötzlichen Ausdehnung der zusammengepreßten Luft ab, welche durch Verbrennung bewirkt wird, und die Art wie dies geschieht, wird von Dr. Karl Hutton auf eine höchst befriedigende Weise erklärt. Er sagt: »In dem Augenblick, wo das Pulver sich zu entzünden beginnt, bringt dessen Expansion einen Strom elastischen Fluidums hervor, der nach allen

---

per quod alae artificialiter compositae aërem verberent, ad modum avis volantis.« Epistola Fratris R. Bacon's de secretis operibus naturae et artis. Hamburg 1572, p. 37.

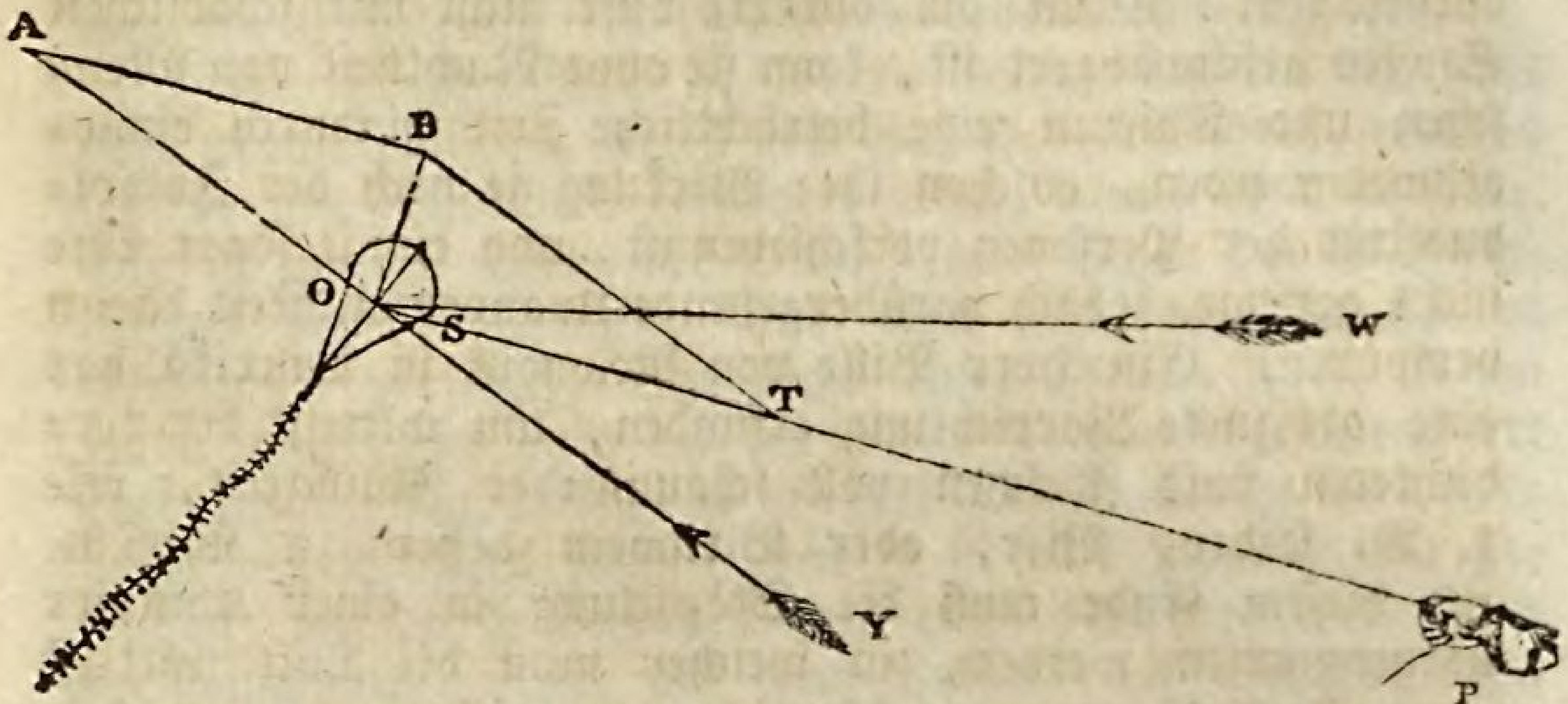
Richtungen wirkt, d. i. sowohl gegen die Luft, welche sich seinem Ausströmen aus der Patrone wiedersetzt, so wie gegen den oberen Theil der Rackete: der Widerstand der Luft ist jedoch beträchtlicher als das Gewicht der Rackete, wegen der außerordentlichen Schnelligkeit, womit das elastische Fluidum durch den Hals der Rackete geht um sich niederzustürzen, daher steigt die Rackete wegen des Uebergewichtes einer dieser Kräfte über die andere empor *).« Auch bemerkt Dr. Hutton, daß die Rackete nicht steigt, außer das elastische Fluidum wird in Abundanz hervorgebracht; deßwegen muß man im Mittelpunkte der Rackete ein konisches Loch bohren, so daß die Mischung, wenn sie entzündet wird, in concentrischen Schichten von größerer Ausdehnung brennt, als in der kreisrunden Scheibe, auf welche sonst die Verbrennung beschränkt wäre, wodurch auch das Expansivgas in hinreichender Menge erzeugt wird, um die gewünschte Wirkung hervorzubringen.

Von den Spielzeugen der Schulknaben ist keines zu so interessanten Experimenten verwendet worden, als der Papierdrache. Mittelst einer solchen Maschine, welche Benjamin Franklin fertigte, indem er ein seidenes Tuch über den gewöhnlichen hölzernen Rahmen spannte, bewies er die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Fluidum; ferner ist der Papierdrache verwendet worden, um von einem gestrandeten Schiffe ein Seil auf eine felsige Küste zu werfen; und vor wenigen Jahren hat ein Herr Pockok im Regent's Park und auf der Straße zwischen Bath und London wiederholte Versuche angestellt, aus welchen sich die Möglichkeit ergab, in einem von zwei Papierdrachen gezogenen Wagen mittelst des Windes zu fahren. Das Aufsteigen des Papierdrachen mittelst einer Schnur, die unter der Maschine befestigt, ist von dem Dr. Paris genügend erklärt worden, welcher zeigte, daß das Aufsteigen des

---

*) Mathematical and Philosophical Dictionary, art. Rocket.

Drachen ein Ergebniß der Composition der Kräfte ist, wie nachstehende Figur es ausweist.



Der Drache ist hier vorgestellt, wie er sich eben von der Erde erhebt; die Linie W bezeichnet die Richtung und Kraft des Windes, welcher, da er auf eine schiefe Ebene auffällt, in zwei Kräfte zerfällt, die eine parallel mit ihr, die zweite senkrecht auf ihr, und nur die letztere, nämlich die Linie Y wird eine Wirkung hervorbringen, und den Drachen in der Richtung **OA** treiben; die Spannung der Schnur treibt ihn zu gleicher Zeit in der Richtung **PTS**, folglich wird er in der Diagonale **OB** des Paralellograms **OABT** aufsteigen *). Das Aufsteigen des Drachen hängt daher nicht nur, wie sich aus dem Gesagten ergiebt, von denselben Grundsätzen ab, nach welchen sich die Bewegung der Körper auf schiefen Ebenen richtet, sondern man kann behaupten, daß die Bahn des Aufsteigens des Drachen wirklich eine schiefe Ebene ist, über welche er durch die gespannte Schnur aufwärts gezogen wird.

Die Taucherglocke.

So wie die Luft eigenthümliche Wirkungen hervorbringt, wenn ihre Dichtigkeit geringer ist, als die der unteren at-

---

*) Phylosophy in Sport made Science in Earnest. New edit. 1833. p. 236.

mosphärischen Luft, so wird auch diejenige, welche eine größere Dichtigkeit erlangt, besondere Erscheinungen hervorbringen. Wenn die dichtere Luft nicht mit schädlichen Stoffen geschwängert ist, kann sie ohne Nachtheil von Menschen und Thieren eine beträchtliche Zeit hindurch eingeathmet werden, obschon ihre Wirkung je nach der Individualität der Personen verschieden ist, und einige sogar eine nicht geringe, jedoch vorübergehende Unannehmlichkeit davon verspüren. Ein Herr Bille von Newyork in Amerika hat eine geeignete Vorrichtung erfunden, um mittelst der verdichteten Luft Flaschen voll schäumender Flüssigkeit, wie z. B. Cider, Bier, oder Birnwein besser zu stöpseln. Zu diesem Ende muß die Stöpselung in einer Kammer vorgenommen werden, in welcher man die Luft mittelst einer Condensionspumpe hinreichend verdichten kann, damit auf die Oberfläche der Flüssigkeiten ein Druck ausgeübt wird, welcher groß genug ist, um das Entströmen des Gases, dem sie die Eigenschaft des Schäumens verdanken, zu verhindern.

Der interessanteste und wichtigste Zweck aber, zu welchem die Einathmungsfähigkeit der verdichteten Luft verwendet worden ist, ist der, daß Personen mittelst einer Maschine, welche Taucherglocke heißt, in den Stand gesetzt werden, sich bis zu einer gewissen Tiefe unter die Oberfläche des Meeres niederzulassen. Die Zusammendrückbarkeit und Undurchdringlichkeit der atmosphärischen Luft läßt sich leicht beweisen, wenn man ein hohes Bierglas unten nimmt und es perpendikulär in ein Gefäß mit Wasser taucht; zwar wird die Luft in dem Glase im Verhältniß zur Tiefe, zu welcher man es eintaucht, zusammengedrückt und vermindert werden, allein es wird eine Grenze geben, welche mittelst der bloßen Kraft der Hand nicht überschritten werden kann. Wenn ein kleines angezündetes Wachslicht mittelst eines Korkes auf das Wasser gesetzt, und dann von dem umgekehrten Glase bedeckt wird, so wird es in der zusammengedrückten Luft länger brennen als in einem gleichen Volumen atmosphärischer Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit; indessen wird die Luft durch das Verbrennen

des Wachslichtes bis zu einem Dritttheil verzehrt werden, und der Ueberrest dann nicht länger für das Einathmen und die Erhaltung des thierischen Lebens tauglich sein.

Eine Taucherglocke ist weiter nichts als ein konisches oder pyramidalisches Gefäß von Gußeisen oder Holz, welches letztere mit Gewichten beschwert wird, damit es untersinke. Sie ist an der Seite mit Simsen und Sitzen zur Bequemlichkeit des Tauchenden, und oben mit mehreren starken Glaslinsen versehen, um Licht einzulassen. Auch ist ein Hahn angebracht, um die durch das Athmen verschlechterte Luft auszulassen, welche in Gestalt von Blasen an die Oberfläche des Wassers steigt; eben so ist eine Vorrichtung getroffen, um durch Schläuche aus einer oder mehreren Compressionspumpen, die auf dem Verdeck des Schiffes oben arbeiten, den gehörigen Zufluß von frischer Luft zu erhalten. Die Glocke muß von einem Querbalken oder Krahn getragen werden und mit Flaschenzügen versehen sein, um je nach den Umständen gehoben, gesenkt, oder in anderer Richtung bewegt werden zu können.

Einige glauben, daß die Alten mit dem Gebrauche der Taucherglocke bekannt waren, und in den Werken des Aristoteles scheinen wirklich Anspielungen auf sie vorzukommen. Die früheste direkte Nachricht von einer solchen Maschine findet man indessen wahrscheinlich in der Abhandlung de motu celerrimo von Johann Taisnier, welcher ein Amt am Hofe Kaiser Karls V. bekleidete. Er führt an, daß im Jahre 1538 in Gegenwart dieses Monarchen zwei Griechen zu Toledo sich in einem kupfernen Kessel in das Wasser hinunterließen, ohne daß, wie sie wieder heraufkamen, das Licht, das sie mitgenommen, ausgelöscht oder ihre Kleider naß geworden wären *). Seit der Mitte des siebzehnten Jahrhundertes hat man sich oft der Taucherglocken bedient, um die untergesunkenen Kostbarkeiten gestrandeter Schiffe wieder zu erlangen. In neueren Zeiten hat die Kostspieligkeit der Taucherglocken und die Schwierigkeit

*) Siehe Schotti Technica curiosa, lib. VI, cap. 9.

so unbehülfliche Maschinen zu handhaben zur Erfindung minder kostspieliger und bequemerer Vorrichtungen geführt, um unter dem Meere Forschungen anzustellen. Doch ist im Jahre 1831 ein Fall vorgekommen, wo man mittelst Taucherglocken aus dem Grund des Meeres verloren gegangene Schätze heraufholte, was theils wegen eines daraus entsponnenen Prozesses, mehr aber wegen der bei dem Unternehmen entfalteten Kühnheit und Geschicklichkeit das allgemeinste Aufsehen erregte. Im December 1830 segelte die Fregatte Thatis mit 810,000 Dollars am Bord von Rio Janeiro nach England ab, litt aber am Cap Frio Schiffbruch und ging unter. Der Capitain des Lightning, Thomas Dickenson, erhielt die Erlaubniß, die Wiedererlangung des verlorenen Schatzes zu versuchen, und da er sich zu Rio keine Taucherglocke verschaffen konnte, verwandte er die eisernen Wassergefäße des Schiffes dazu, baute einen Krahn von 158 Fuß Länge und 50 Fuß über der Meeresfläche, an welchem die Glocken aufgehangen wurden. Er begann seine Operationen am 30 Januar 1831 und schon am 19. Mai waren 120,000 Dollars sammt andern Gütern wieder erlangt. Ein Sturm zerstörte zwar die Maschine, sie wurde indessen nach einem verschiedenen Plan wiedererbaut, und obschon die Glocken wiederholt verloren gingen, setzte Capitain Dickenson doch sein Unternehmen fort, bis er zuletzt 750.000 Dollars sammt vielen Schiffsbedürfnissen und andern Artikeln heraufgeholt hatte.

Tauchjacken, um sich bis zum Boden der Gewässer niederzulassen, sind wiederholt verfertigt worden. Zu diesen Maschinen gehört der vom Abbé de la Chapelle erfundene Scaphander *), und Klingert's Maschine, um unter dem Wasser zu gehen **); sie stehen aber, wie sinnreich sie auch sein mögen, dem Apparate nach, den Deane neuerlich zu

---

*) Siehe Sigaud de la Fond Elém. de Phys. vol. II. p. 249.

**) Siehe Tilloch's Philosophical Magazine, vol. III. p. 172.

Portsmout in Anwendung brachte. Der wesentliche Theil dieser Maschine besteht in einem geräumigen Helm von Metall, welcher Kopf und Hals bedeckt, auf den Schultern ruht, und mittels lederner Riemen befestigt ist. Vorn sind drei ovale Fensterchen von starkem Glas; von dem unteren Theile geht eine gekrümmte Röhre aus, um die durch das Athmen schlecht gewordene Luft fortzuschaffen, und von dem oberen Theil eine zweite Röhre mit einem biegsamen Ende, um von oben frische Luft zu erhalten. mit diesem Helm und einer wasserdichten Kleidung läßt sich der Tauchende auf den Grund des Meeres nieder, auf welchem er nach Belieben, so weit nämlich die Röhre reicht, umherspaziren kann. Um dem Druck des Wassers nach oben bei einer beträchtlichen Tiefe das Gegengewicht zu halten, müssen, abgesehen daß schon der Helm schwer ist, bleierne Gewichte am Körper angebracht, auch die Schuhe mit dicken Sohlen von Blei versehen sein*).

Die Amerikaner der Vereinigten Staaten haben sich durch einige interessante Erfindungen zum Behuf der Schifffahrt unter dem Meere ausgezeichnet. Robert Fulton erfand eine Maschine der Art, welche er Torpedo nannte**), und David Bushnell ein unterirdisches Boot, in welchem ein Mensch eine beträchtliche Strecke unter dem Wasser fahren konnte, und mittelst dieses Bootes und dem erforderlichen Artilleriematerial wurde während des amerikanischen Krieges ein kühner Versuch gemacht, um im Hafen von Newyork ein englisches Schiff in die Luft zu sprengen***). Dieser unheilvolle Plan mißglückte nur in Folge der Schwie-

---

*) Nautical Magazine.

**) Siehe Montucla Hist. des Mathemat., t. III. p. 78.

***) Die Beschreibung dieser merkwürdigen Maschine s. in der Abhandlung über »Submarine Navigation« von Karl Griswold, aus Sillimah's American Quarterly Journal of Science, vol. II. p. 94, abgedruckt in dem Polar Star, No. 5.

rigkeit, oder vielmehr Unmöglichkeit, das Sprengmaterial an den Boden des englischen Schiffes zu befestigen, was mittelst einer Schraube, die am Obertheil des unterirdischen Bootes angebracht war, versucht wurde, aber nothwendiger Weise mißlingen mußte, weil es an der Kraft fehlte, sie im Boden des Schiffes einzudrehen.

Anmerkung zu Seite 35: Wer sich über den Barometer näher unterrichten will, lese diesen Artikel nach in dem trefflichen, dem Verfasser wie Verleger zur höchsten Ehre gereichendem Werke: Populäres, physikalisches Lexikon oder Handwörterbuch für die Gebildeten aus allen Ständen, von G. O. Marbach, Dr. der Philosophie und akademischen Docenten zu Leipzig, 1834. Verlag von Otto Wigand.

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Sporschil, Johann,

Anleitung zum Selbststudium der Pneumatik nach dem Book of science

Leipzig 1834

Bamberg, Staatsbibliothek -- Phys.o.67-d#3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11763695-2